Desarrollo de la línea de base de la Huella de Carbono de la edificación en España

Aspectos clave y recomendaciones para los grupos de interés

INDICATE

GBCe

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Autores
Bea de Diego (Green Building Council España, GBCE)
Bernardette Soust-Verdaguer, Antonio García-Martínez, Belén Rey-Álvarez (Universidad de Sevilla, US)

Revisores
Dolores Huerta Carrascosa, Paula Rivas Hesse (GBCE)
Rutger Broer, Zsolt Toth (Buildings Performance Institute Europe, BPIE)
Laura Pallares, Rachel Twigg (WorldGBC)

Agradeciemintos
Los autores agradecen la ayuda y el apoyo de los colegas de la **Laudes Foundation**, Maya Færch, James Drinkwater, Nazakat Azimili and Mel Beeston; **Smith Innovation**, Simone Kongsbak, Adam Rietti, Mikkel A. Thomassen; **KU Leuven**, Martin Röck, Karen Allacker; **BPIE**, Rutger Broer, Zsolt Toth, Lisa Graaf; **WorldGB** Laura Pallares, Stephen Richardson; **Ireland GBC**, Stephen Barrett, Pat Barry; **Czech Technical University** en Prague, Julie Železná; **GBCE**, Dolores Huerta, Raquel Diez.

Maquetación
Luca Signorini (Distudio).
Colaboración: Bernardette Soust-Verdaguer (Universidad de Sevilla, US) y Olga Solís (GBCE).

Copyright 2024, GBCE (Green Building Council España) y Universidad de Sevilla.
Este documento está bajo licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0). **Esto significa que se permite su reutilización siempre que se cite la fuente y se indique cualquier modificación.**

Como citar este informe: "INDICATE-España. Desarrollo de la linea de base de la Huella de Carbono de la edificación en España. Green Building Council España (GBCE) y Universidad de Sevilla (V.0 diciembre 2024)"
Disponible en: https://gbce.es/proyectos/indicate-spain/
Repositorio de datos web: https://hdvirtual.us.es/discovirt/index.php/s/xwcd373AXfPjoig
Contraseña: INDICATESpain

Este informe recoge las conclusiones políticas derivadas del proyecto INDICATE-España a partir del análisis de un amplio número de casos sintéticos o teóricos desarrollados sistemáticamente para reflejar el comportamiento de la edificación española, contrastados con un menor número de casos reales realizados por el sector. Para un mayor contexto, puede consultarse el informe de BPIE que analiza casos reales recogidos por INDICATE Irlanda, República Checa y de España. "BPIE (Buildings Performance Institute Europe) (2024). How to establish Whole Life Carbon benchmarks: Insights and lessons learned from emerging approaches in Ireland, Czechia and Spain". Disponible en: https://www.bpie.eu/publication/how-to-establish-whole-life-carbon-benchmarks-insights-and-lessons-learned-

Proyecto INDICATE-España

INDICATE-España forma parte del proyecto europeo INDICATE DATA que puede consultarse en: https://www.indicatedata.com/indicate

Financiación INDICATE-España
Laudes Foundation y Green Building Council España (GBCE)

Socios INDICATE-España
Universidad de Sevilla (US) y Green Building Council España (GBCE)

Socios internacionales
Smith Innovation; Buildings Performance Institute Europe (BPIE), World Green Building Council (WorldGBC) y KU Leuven

Equipo de trabajo
Green Building Council España (GBCE): Bea de Diego, Alicia de la Fuente.
Universidad de Sevilla (US): Antonio García-Martínez, Bernardette Soust-Verdaguer, Belén Rey Álvarez, María Dolores Fernández Gálvez, Lourdes García González, Marta Julián García, Paula Fernández, Luis Castro Torres, José Antonio Alba Dorado, Germán Sicre Álvarez, Máximo Cubero Cruz, Mario Díaz García, Darya Gachkar, Nuria Gómez Vargas.

Observadores
Los autores agradecen al Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana (MIVAU) y a la Oficina Española de Cambio Climático (OECC) por su papel como observadores.

Colaboradores
Los autores agradecen las contribuciones realizadas por las partes interesadas, los colaboradores y los proveedores de datos:

Modelos BIM
Área Metropolitana de Barcelona (AMB)
Zero Consulting

Validación de la metodología y aportación de casos reales de ACV
Ecómetro Asociación y Ecómetro Mediciones S.L.
Validación: *Gabriela Freese, Pablo Rodríguez Herranz*
Datos: *Pablo Rodríguez Herranz*
Instituto Balear de la Vivienda (IBAVI)
Carles Oliver Barceló y David Mayol Laverde
Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITeC)
Validación: *Gloria Díez Bernabé, Licinio Alfaro y José Lucas*
Datos: *Gloria Díez Bernabé, Manuel Borbón, Sebastián Christen, Xavier Espinal, Eva Jiménez y Tatiana Quintero*

Mace Group (Mace Management Services S.A.)
Carlos Rodríguez Campos, Sara Belhadj, Leyre Gómez-Pantoja
Zero Consulting
Alba Campos Cambra

Validación de la metodología

Área Metropolitana de Barcelona (AMB)
Eva Bernadí Murcia, Margarita Espinós Torredemer, Mireia Diaz Linares, Albert Gassull
Arquitectes per la Sostenibilitat (AUS) Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña (COAC)
Albert Sagrera Cuscó, Gerardo Wadel, Laura Reus, Marina Montemuro Valera (Societat Orgànica),
Akna Márquez (Omplim) / Jade Serra (Slow Studio)
Calidad de Vida en la Arquitectura (CAVIAR) Universidad del País Vasco UPV/EHU
Xabat Oregi Isasi
Colegio de Arquitectura Técnica de Barcelona (CATEB)
Anna Martín
Construction Institute of Castilla y León (ICCL)
Felipe Romero Salvachúa, Cristina Gutiérrez
Cype Ingenieros S.A.
Benjamín Gonzalez Canto, Pablo Gilabert
Green Building Council España (GBCE) S.L.
Paula Rivas Hesse, Yolanda del Rey Chapinal
Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción (IETcc-CSIC)
Enrique Larrumbide, Sheila Otero
Instituto Valenciano de la Edificación (IVE)
Joan Romero Clausell, Begoña Serrano, Miriam Navarro
OneClick LCA
Clara García Jiménez, Antonio Ligios

Aportación de casos reales de ACV

Ecopenta
Julia Chabrera, Maria Peralta, Daniel Vilavedra, Juan Andrés Díez
Energreen Design
Mauro Manca, Giorgia Conti
Green Building Management (GBM)
Jordi Castellano Costa, Glòria Barroso Ruíz
Ineria Management
Ana García Martínez, Alejandra Díaz Morales
Magaral Ingeniería, SLU
María J. Maroño Breijo
MOCABI Arquitectura Inquieta
Nacho Company Selma, Paloma Ibarra Arias
NoSolo CASAS S.L.
Nuria Santos Sánchez
Pryconsa
Eliana Revenga, Elena Santacruz

Propietarios de los datos (53 casos reales)

Administraciones públicas

Ayuntamiento de A Coruña
Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León (EDUCACYL)
Instituto Balear de la Vivienda (IBAVI)

Entidades privadas

Aedas Homes
Aluminios Cortizo S.A.
Amro Partners
Cotaleira, Sl
Culmia
Entrepatios S.Coop
Grupo Lobe
H.A.U.S. Healthy Buildings
Habitat Inmobiliaria
Metrovacesa
Neinor Homes
Paestum S.L.
Paloma Ibarra Arias
Pryconsa
y algunos propietarios privados.

Aclaración sobre el uso de los resultados de INDICATE-ES

Los resultados de este proyecto deben considerarse como una aproximación preliminar dentro de un proyecto de investigación que creó un marco de referencia inicial y consolidó un grupo de reflexión en torno a la metodología a seguir en el contexto del proyecto. Cualquier uso de los datos/la metodología fuera del contexto del proyecto debe analizarse en función del objetivo específico. El uso de ratios para aplicaciones normativas o en licitaciones públicas requeriría un mayor refinamiento, clarificación y ajuste de ciertos aspectos. Esto es importante no sólo para garantizar una aplicación adecuada y la aceptación y la confianza del sector, sino también para evitar posibles incoherencias con los reglamentos o normas aplicables.

Contenidos

Acrónimos **03**
Listado de figuras **04**
Listado de tablas **04**

1. Resumen ejecutivo **05**

2. Introducción INDICATE-España **08**
2.1 ¿Por qué una medición del carbono de ciclo de vida del edificio? 08
2.2 ¿Qué es INDICATE-España? 10
2.3 Contexto político internacional 11
2.4 Contexto de la política nacional 13
Regulación, políticas e iniciativas clave 13
Proyectos e iniciativas paralelas centradas en la huella de carbono 15
Otras prioridades políticas para los edificios 16
2.5 Penetración en el mercado del Análisis de ciclo de vida (ACV) 17
Metodología ACV en España 17
Software disponible 18
DAPs existentes 18
Datos genéricos 18
Disponibilidad de datos de ACV a nivel de edificio 18
Proveedores de servicios y capacitación del sector 18
2.6 Disponibilidad de datos de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) a nivel de edificio para establecer valores de referencia 19
Esquemas de certificación de la sostenibilidad de la edificación 19
Otras fuentes de datos de ACV a nivel de edificio 19

3. Método y recopilación de datos **20**
3.1 Descripción de casos de estudio 20
3.2 ACV de los casos de estudio 21
Casos Reales 22
Casos sintéticos 22
3.3 Resultados e interpretación 26
Emisiones de carbono de ciclo de vida por unidad de superficie de edificio según tipologías analizadas 26
Resultados según otros equivalentes funcionales en los casos sintéticos 29
Resultados relativos de los módulos de información del ciclo de vida y elementos del edificio 32
Resultados del análisis del comportamiento de las variables de diseño 35
3.4 Resumen de los principales hallazgos 35

4. Participación de las partes interesadas **37**
4.1 Principales partes interesadas y objetivos de participación 37
4.2 Intereses de los colaboradores 38
4.3 Tipo de compromiso perseguido 38
4.4 Sostenibilidad social del proyecto 39
4.5 Principales preocupaciones de los grupos de interés 39
4.6 Hacer frente a los desafíos 39
4.7 Origen de los datos para los casos reales 40
4.8 Principales desafíos detectados en la recopilación de los datos 40
Desafíos relacionados con la obtención de datos sintéticos 40
Desafíos para los casos reales 41

5. Beneficios de la medición del carbono de ciclo de vida y de contar con valores de referencia **44**
5.1 La medición del carbono de ciclo de vida como oportunidad para desatar la innovación y la competitividad 42
5.2 Beneficios de contar con valores de referencia 42

6. Recomendaciones **41**
6.1 Recomendaciones para responsables políticos en España 41
Consideraciones previas 41
Recomendaciones para la definición de la metodología de ACV 46
Recomendaciones a responsables políticos para la descarbonización del sector 50
6.2 Recomendaciones para proyectistas y practicantes de ACV 53
6.3 Recomendaciones para promotores públicos y privados 55
6.4 Recomendaciones para la industria 55
Para los fabricantes 55
Para las constructoras y contratistas 56
Para propietarios de Software de cálculo de ACV 56
Para los esquemas de certificación 56
6.5 Recomendaciones para instituciones financieras 56
6.6 Recomendaciones para responsables de los planes de formación 57
6.7 Recomendaciones para responsables políticos en Europa 57

7. Pasos siguientes **59**
7.1 Desarrollo de capacidades y necesidad de concienciación 59
7.2 Refinamiento del método 59
7.3 Preparación de los valores límite progresivos de la hoja de ruta 60
7.4 INDICATE como herramienta de ensayo de políticas de descarbonización 62
7.5 Marco propicio y políticas de apoyo 62
7.6 Límites a la utilización de los resultados de INDICATE-ES 62

8. Mensajes clave **63**

9. Referencias **65**

Acrónimos

ACV	Análisis del ciclo de vida
CEE	Certificado de Eficiencia Energética
CPE	Compra Pública Ecológica
CTE	Código Técnico de la Edificación
CRCF	Reglamento relativo a la absorción y el almacenamiento de carbono (CRCF, Carbon Removals and Carbon Farming)
CSRD	Directiva de información corporativa sostenible (CSRD, Corporate Sustainability Reporting Directive)
DAP	Declaración Ambiental de Producto (EPD, Environmental Product Declaration)
DEE	Directiva de eficiencia energética (EED, Energy efficiency Directive)
DEEE	Directiva de Eficiencia Energética de los Edificios (EPBD, Environmental performance of buildings Directive)
ESG	Factores ambientales, sociales y de gobierno corporativo, por sus siglas en inglés (Environmental, Social and Governance)
GEI	Gases de Efecto Invernadero
INE	Instituto Nacional de Estadística
PNIEC	Plan Nacional de Energía y Clima
PCG	Potencial de Calentamiento Global
RPC	Reglamento de Productos de Construcción
SFRD	Reglamento de Divulgación de Finanzas Sostenibles (SFRD, Sustainable Finance Disclosure Regulation)
WLC	Carbono de ciclo de vida (WLC, Whole Life Carbon)

Listado de figuras

Figura 1 Terminología utilizada en el documento relativo a las etapas del ciclo de vida y las emisiones de carbono.
Figura 2 Calendario para la aplicación de la DEEE.
Figura 3 "Visión de túnel de carbono" según Jan Konietzko.
Figura 4 Esquema de las etapas del flujo de trabajo de INDICATE-España
Figura 5 Explicación de los diagramas de cajas y bigotes.
Figura 6 Casos sintéticos. PCG (etapas A – B- C) Kg CO2eq./m2 Sup. Const. (GFA), residenciales y no residenciales.
Figura 7 Casos reales. PCG (etapas A – B- C) Kg CO2eq./m2 Sup. Const. (GFA), residenciales y no residenciales.
Figura 8 Casos sintéticos. PCG (etapas A - B - C) Kg CO2eq./m2 Sup. Const. (GFA), por tipología.
Figura 9 Casos reales. PCG (etapas A - B - C) Kg CO2eq./m2 Sup. Const. (GFA), por tipología.
Figura 10 Ídem Fig. 8. Casos sintéticos. PCG (etapas A - B - C) Kg CO2eq./m2 Sup. construida (GFA), por tipología.
Figura 11 Casos sintéticos. PCG (Etapas A – B- C) Kg CO2 eq./m2 Sup. útil. (UFA), por tipología.
Figura 12 Casos sintéticos. PCG (Etapas A - B- C) Kg CO2 eq./m2 Sup. calefactada (HFA), por tipología.
Figura 13 Casos sintéticos. Relación entre las superficies construida (GFA), útil (UFA) y calefactada (HFA), por tipología.
Figura 14 Casos sintéticos. PCG (etapas A-B-C) Ton.CO2eq./per CAPITA o plaza de aparcamiento, por tipología.
Figura 15 Casos sintéticos. Contribución al PCG de los módulos del ACV en Kg CO2eq./m2 Sup. construida (GFA), arquetipos modales no sísmicos.
Figura 16 Casos sintéticos. Contribución al PCG de los módulos del ACV en porcentaje, arquetipos modales no sísmicos. Relativo a GFA.
Figura 17 Casos reales. Contribución al PCG en porcentaje de los módulos del ACV, valores medios. Relativo a GFA.
Figura 18 Casos sintéticos. Contribución al PCG de los elementos según Level(s) en Kg CO2eq./m2 Sup. construida (GFA), arquetipos modales no sísmicos.
Figura 19 Casos sintéticos. Porcentaje de contribución de los elementos según Level(s) en arquetipos modales no sísmicos. Relativo a GFA.
Figura 20 Casos reales. Contribución al PCG en porcentaje de los elementos según Level(s), valores medios. Relativo a GFA.
Figura 21 Representación del carbono de ciclo de vida para la nueva edificación y la edificación existente. Fuente: Building Life, basado en la UNE-EN 15978
Figura 22 Ejemplo de limitación de emisiones basado en el cuartil superior de la muestra.

Listado de tablas

Tabla 1 Resumen de los valores obtenidos por tipología y tipo de caso (sintético y real)
Tabla 2 Tipos edificatorios incluidos en el estudio.
Tabla 3 Casos reales vs Casos Sintéticos
Tabla 4 Hipótesis de cálculo y fuentes de datos para realizar los ACV
Tabla 5 Ídem tabla 1. Resumen de valores obtenidos por tipología y tipo de caso (sintético o real)
Tabla 6 Porcentaje de inclusión de datos de impactos por etapas del ciclo de vida en los casos reales.

1. Resumen ejecutivo

El proyecto INDICATE tiene como objetivo establecer una **línea de base de emisiones de carbono de ciclo de vida** para los edificios residenciales y de oficinas de obra nueva en España. Ante la inexistencia actual de un método oficial se desarrolla una metodología propia, abierta y automatizada que permitiría su actualización para adaptarse a una futura metodología oficial. Se concibe como un sistema transparente, que permite que otros proyectos construyan sobre lo aprendido. La metodología de análisis surge de un proceso de co-creación con la participación del grupo de colaboradores expertos que han validado la metodología y han aportado datos.

El análisis se realiza a partir de **datos sintéticos y reales**. Por un lado, **126 ACVs de edificios teóricos** o sintéticos permiten construir un rango de valores para cada tipología a partir de cuatro variables: la solución constructiva, la fuente de datos, la resistencia térmica y la resistencia mecánica por zona sísmica. Por otro lado, **53 ACVs de edificios reales**, realizados previamente por los colaboradores, con diferentes métodos, hipótesis, softwares y alcances, ofrecen una muestra representativa de tipologías, climas y zonas sísmicas. Ambas fuentes de datos permiten comprender mejor los resultados y validarlos entre sí. Los diagramas de cajas ("box plots") que muestran los resultados pueden ayudar a definir en el futuro una hoja de ruta progresiva, al permitir identificar visualmente la muestra con peor comportamiento, que se podrá limitar progresivamente. Los resultados muestran que los valores medios obtenidos para **los casos sintéticos son más altos que los de los casos reales.** Los casos reales muestran un abanico de resultados que depende claramente del número de casos.

La dispersión de datos señala que **es necesaria una metodología armonizada oficial** y una base de datos ambiental por defecto. **En este momento, los datos sintéticos se consideran más fiables,** armonizados según una metodología validada por los colaboradores y que incluye un listado de componentes según el marco Level(s), con un alcance de la cuna a la tumba (A1-A5, B1-B5, C1-C4), cuantificando de forma separada los beneficios más allá del sistema (D). En todo caso, se trata de una primera aproximación de un proceso iterativo de mejora continuada de la calidad de los datos. Será necesario recoger datos de ACV a nivel de edificio, basados en un método oficial armonizado, que haga confluir los resultados de casos rales y sintéticos, y ofrezca un marco estadístico que pueda ser usado para la futura hoja de ruta para la implantación de limites progresivos.

Tabla 1 - Resumen de los valores obtenidos por tipología y tipo de caso (sintético y real)

Kg CO2 eq/m2 de superficie construida		Unifam. aisladas	Unifam. en hilera	Plurifam menos de 3 plantas	Plurifam. más de 3 plantas	Plurifam. En torre. más de 3 plantas	Oficinas	Aparcam. sótano	ACV total
Casos sintéticos	Rango	570- 1.463	473- 1.114	634- 1.402	413- 919	393- 935	874- 1.499	128-464	
	Valor medio	1.005	794	1.024	672	666	1.177	334	
	número de palntas	2	2	3	6	10	3	2	
	n° de casos	18	18	18	18	18	18	18	126
Casos reales	Rango	402-811	596-171	290-842	205-1.587	348-822	266-1.061	-	
	Valor medio	564	542	523	769	544	605	-	
	n° de casos	5	10	6	21	4	7	-	53

Se analizan diferentes unidades funcionales que permiten comparar mejor los resultados entre tipologías, se muestra a modo resumen los valores más importantes respecto a la unidad de superficie construida.

Las variables aplicadas a los casos sintéticos demuestran ser válidas para generar rangos. Destaca la importancia de la fuente de datos y de contar con datos específicos de producto (DAPs), que además ayudarán a los fabricantes a la descarbonización de sus productos. La zona sísmica tiene una gran influencia en los resultados, aspecto que debería ser tenido en cuenta a la hora de establecer los futuros límites y ya desde el reporte inicial. La resistencia térmica no afecta tanto como el tipo de solución constructiva y su inercia térmica, que supone un aspecto clave. De hecho, los resultados obtenidos para España no son directamente extrapolables a otros países, puesto que la tradición constructiva local está adaptada a un clima en que las temperaturas exteriores están en buena parte del año en zona de confort y la estrategia basada en la inercia térmica complementa a la resistencia térmica de la envolvente.

Los resultados indican que las decisiones de mayor impacto son las tomadas en las etapas tempranas proyecto, que afectan a volumetría y tipología y a decisiones básicas sobre estructura y envolvente, por lo que es importante incorporar la metodología de ACV como una herramienta de diseño en las etapas iniciales del proyecto. Para conseguir una descarbonización eficiente, es importante centrarse en los aspectos clave identificados, especialmente teniendo en cuenta que en la etapa de producto hay menos incertidumbres y más datos.

El comportamiento de los datos reales y sintéticos, muestra las mismas tendencias relativas. En relación con las tipologías, las viviendas unifamiliares en hilera tienen menor impacto por unidad de superficie que las aisladas, debido a una menor envolvente y a una configuración más compacta. En las plurifamiliares, los edificios de mayor altura tienen menor impacto relativo que los de menos altura, al repartir el impacto de estructura y envolvente entre una superficie mayor. Un indicador basado en la unidad de superficie calefactada, que repercute únicamente sobre las viviendas todo el impacto del edificio, incluidas sus zonas comunes interiores, permite comparar mejor el impacto ente viviendas de diferente tipología. Y si observamos el impacto per cápita, las unifamiliares aisladas tienen mayor impacto que las plurifamiliares, aunque la diferencia se diluye en las unifamiliares en hilera, mostrando que es necesario introducir una mirada a escala de ciudad. Vemos, en resumen, la necesidad de reportar varios indicadores para reflejar correctamente las estrategias de descarbonización del parque edificado, especialmente cuando la tendencia es construir viviendas con cada vez más superficie por ocupante.

La etapa de producto (A1-A3) supone el porcentaje más alto del carbono embebido, seguido de los remplazos (B4). En B4 se incluye el conjunto de impactos en todas las etapas del ciclo de vida de los nuevos productos de remplazo. B4 tiene un gran impacto en los productos con más reemplazos, como acabados interiores e instalaciones, por lo que la durabilidad y el diseño para el desmontaje y adaptabilidad reducirá el impacto de estos elementos. En cuanto a los elementos del edificio, la estructura y la cimentación, así como la envolvente, tienen un gran peso en la distribución de impactos. También los pavimentos exteriores suponen un impacto importante debido a los remplazos. Su sustitución por zonas ajardinadas ayuda no solo a la descarbonización, sino que produce otros co-beneficios en salud y resiliencia climática.

En España se plantea una implantación temprana de la directiva de eficiencia energética de edificios, con la medición de la huella de carbono del edificio a 2026, dos años antes que lo que marca la Directiva de Eficiencia Energética de los Edificios (DEEE), integrándola en el CTE en un nuevo Documento Básico de Sostenibilidad Ambiental (DB-SA). El objetivo es recoger información que permita establecer una hoja de ruta con valores límite progresivos a partir de 2030.
Una metodología oficial de ACV de la cuna a la cuna deberá facilitar una descarbonización flexible, en la que todos los productos, sistemas y estrategias del proyecto y obra puedan mostrar sus fortalezas. A la vez, debe tener en cuenta el valor temporal del carbono, que permite ganar tiempo ante la emergencia climática y nos señala la importancia de priorizar la reducción del pico inicial de carbono, con la selección de productos de bajo impacto de fabricación. Es necesario apoyar la innovación en productos y sistemas descarbonizados y fomentar la renovación para amortizar la inversión de carbono ya realizada en el parque existente. También es necesario apoyar el desarrollo de la economía circular, que posibilita la máxima retención de valor de los recursos, ya sea durante la vida del edificio, a través del fomento de la durabilidad, como más allá del sistema del edificio, convirtiéndolo en un banco de materiales para el futuro.

Es urgente sensibilizar y capacitar a toda la cadena de valor en el enfoque de ciclo de vida y del ACV, porque la descarbonización requiere de la colaboración de todo el sector. Implica una visión holística que incluye todas las escalas. Aunque INDICATE se desarrolla principalmente a escala de edificio, las implicaciones de sus resultados para la descarbonización del sector de la edificación abarcan todas las escalas. Desde la escala de producto y edificio, hasta la escala de ciudad y de territorio. A nivel urbanístico, la descarbonización se ve afectada por el impacto de las diferentes tipologías, y del modelo urbanístico y de movilidad que implican. Y resulta evidente la necesidad de una renovación a gran escala para amortizar el carbono ya incorporado en las viviendas inadecuadas existentes. A escala territorial, la innovación necesaria para la descarbonización puede generar co-beneficios en la cohesión territorial, creando nuevas oportunidades en áreas despobladas. Esto, a su vez, podría resolver la inadecuación geográfica de las viviendas vacías en estas áreas despobladas y evitar el derroche de carbono abandonado que suponen.

Es fundamental entender la descarbonización como una oportunidad para desatar la innovación y mejorar la competitividad del sector, a todas las escalas y para toda la cadena de valor. No podemos olvidar que la descarbonización es la única vía para dar respuesta a la necesidad de vivienda asequible dentro de los límites del planeta.

2. Introducción INDICATE-España

2.1 ¿Por qué una medición del carbono de ciclo de vida del edificio?

El Pacto Verde Europeo es un paquete de iniciativas políticas que sitúa la transición hacia la neutralidad climática en 2050 en el centro de todas las decisiones estratégicas de la UE. La economía europea se reorienta hacia un futuro más sostenible, resiliente, inclusivo y competitivo. La revisión de la Directiva de Eficiencia Energética de los Edificios (DEEE o EPBD, por sus siglas en inglés)[1] forma parte del marco legislativo y reglamentario para avanzar hacia la neutralidad climática y se enfoca en los edificios, responsables del 39 % de los Gases de Efecto Invernadero GEI globales [2].

Las sucesivas políticas han limitado únicamente las emisiones producidas por la operación del edificio -carbono operativo- que suponen el 28% de los GEI. Pero hay que considerar además las emisiones de los materiales en todo el ciclo de vida del edificio- carbono embebido- el 11% de los GEI, que tienen un peso relativo cada vez mayor. Es necesario medir el carbono operativo y el embebido para poder descarbonizar realmente la edificación. El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) permite medir el Potencial de Calentamiento Global (PCG), que informa de la huella de carbono del edificio, o carbono de ciclo de vida.

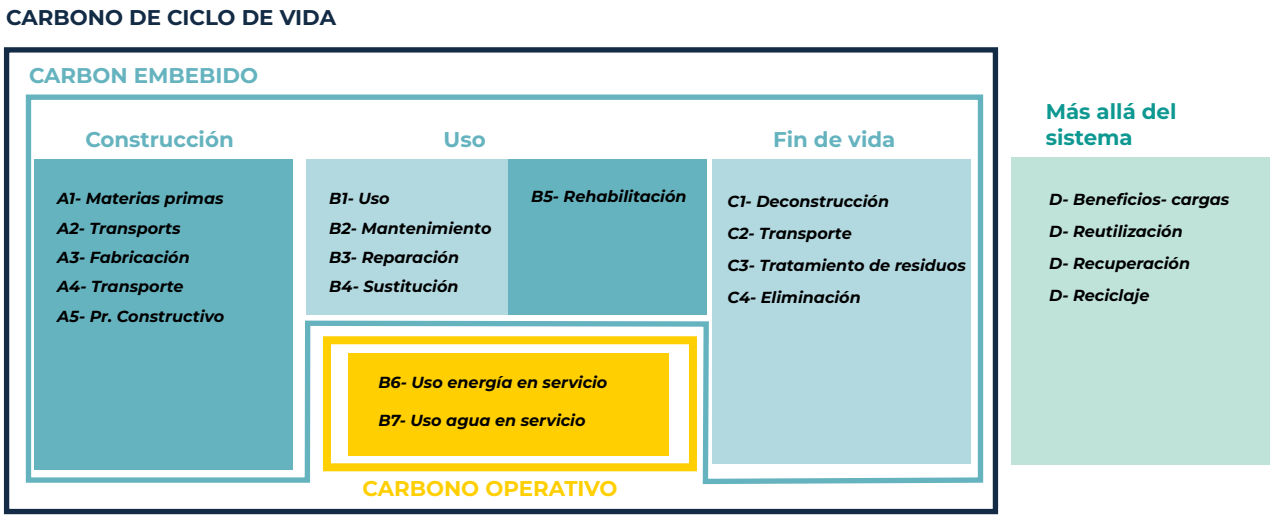


Figura 1 - Terminología utilizada en el documento relativo a las etapas del ciclo de vida y las emisiones de carbono.

El enfoque de ciclo de vida, "de la cuna a la cuna", que analiza las etapas de construcción, uso, fin de vida y más allá del sistema, es fundamental para lograr la descarbonización real del sector:

- **Facilita una descarbonización flexible, con la implicación de todo el sector.** Permite poner en valor estrategias de descarbonización que se reflejan en diferentes etapas, desde la selección de productos de bajo impacto de fabricación, de alta durabilidad o bajo mantenimiento o la reutilización o reciclaje, entre otras.
- **Reconoce el "valor temporal del carbono".** "Dado que las emisiones son acumulativas y que disponemos de un tiempo limitado para reducirlas, las reducciones de carbono ahora tienen más

valor que las reducciones de carbono en el futuro" [3] El carbono emitido en las etapas de producto y construcción (A1-A3, A4 y A5) supone un pico inicial muy elevado que se produce incluso antes de que el edificio sea ocupado. Ya no tiene vuelta atrás, a diferencia del que se emite a lo largo de toda la vida del edificio. **La reducción del pico inicial de carbono es una prioridad por su volumen y por su valor temporal,** que permite ganar tiempo para implementar políticas de mitigación y adaptación en un momento de gran urgencia climática.

- **Evita el desplazamiento de cargas entre etapas del ciclo de vida:** por ejemplo, la incorporación de medidas pasivas y sistemas de energía renovable reducen el carbono operativo, pero pueden incrementar el carbono incorporado.

Con la revisión de la DEEE y la obligación de reportar- y más adelante limitar- el carbono total de ciclo de vida, por primera vez se presta atención al carbono embebido y se incorpora el enfoque de ciclo de vida en la práctica constructiva. La Comisión Europea publicará una guía para que los Estados Miembros puedan integrar los requisitos de divulgación y los valores límite del carbono de ciclo de vida en su reglamentación. El calendario para la aplicación de las disposiciones relativas al carbono de ciclo de vida en la DEEE es:

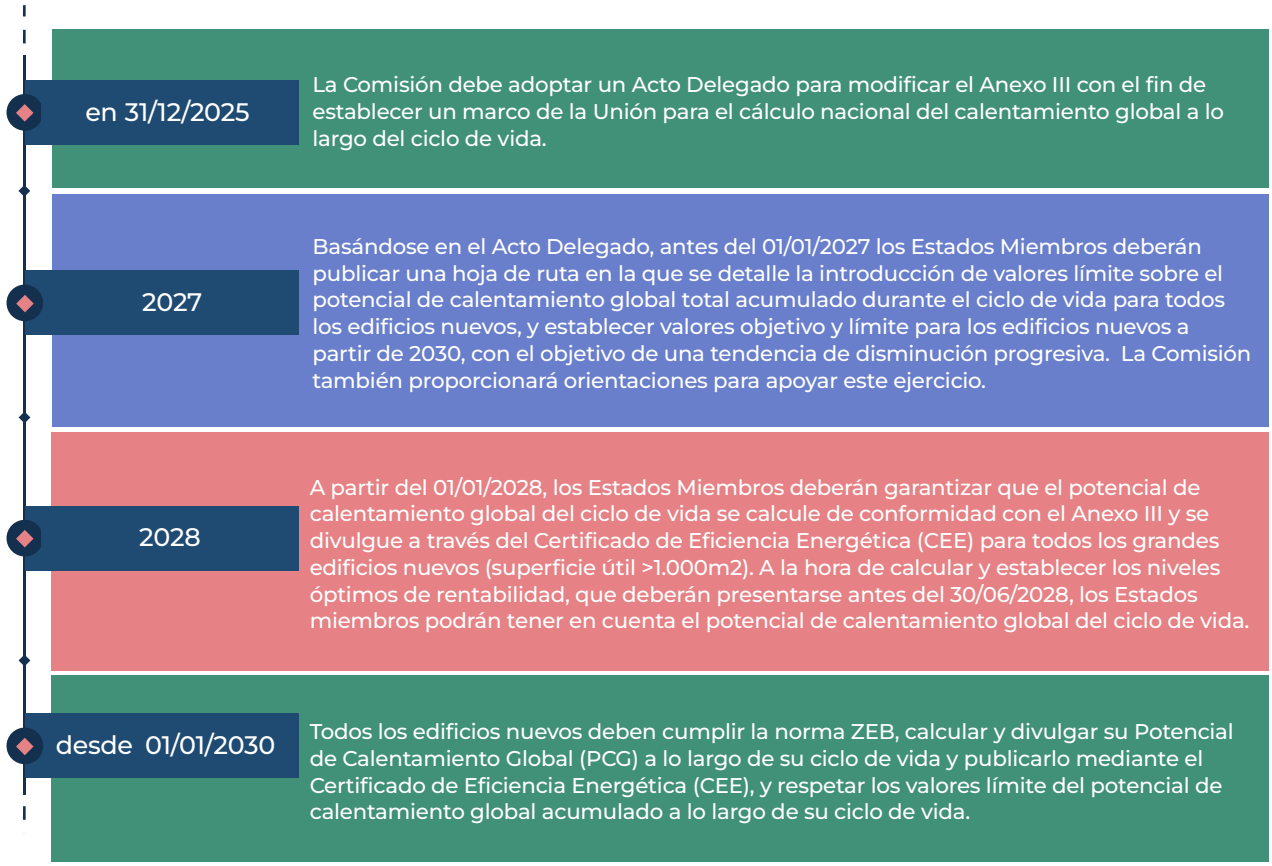


Figura 2 - Calendario para la aplicación de la DEEE. Fuente BPIE

Cambio climático, cambios en el uso del suelo, contaminación, impactos en la biodiversidad y otros, son sistemas planetarios gravemente transgredidos sobre los que la edificación tiene un gran impacto. Además del Potencial de Calentamiento Global, que afecta al cambio climático, la metodología de ACV incluye otros indicadores ambientales definidos en las normas [4,5].

Incluir progresivamente estos indicadores puede evitar la **"visión de túnel de carbono",** que puede dar lugar a un **desplazamiento de cargas hacia otros impactos**, por ejemplo, descarbonizar a costa de generar tóxicos. **La gran resonancia mediática del cambio climático puede suponer una gran oportunidad de volver la mirada hacia el conjunto de impactos de la edificación.**

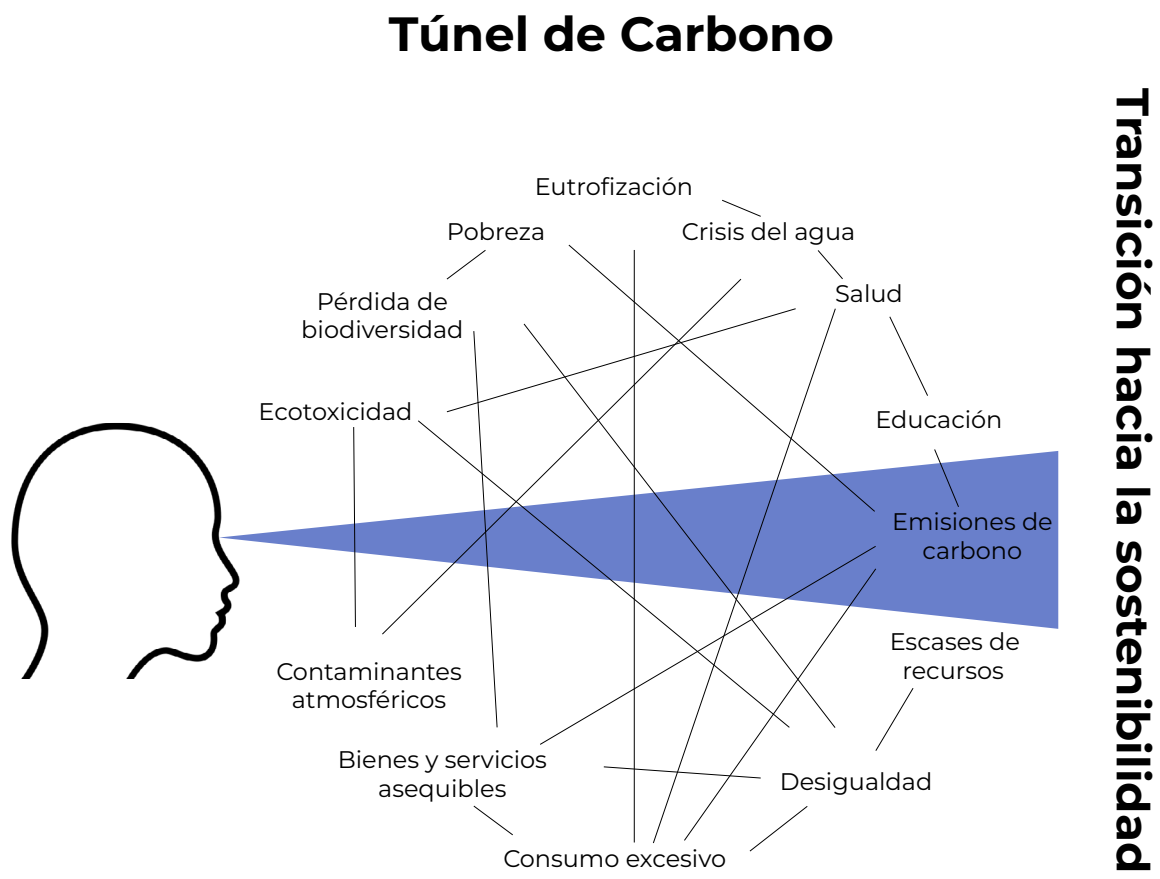


Figura 3 - "Visión de túnel de carbono" según Jan Konietzko.

El enfoque de ciclo de vida supone un cambio de paradigma que ha venido para quedarse y que alcanza también a las componentes social y económica de la sostenibilidad. Es esencial para la toma de decisiones informadas a todas las escalas -producto, edificio, barrio, ciudad y territorio- para hacer frente a las emergencias ambientales mientras se da respuesta a las necesidades de la sociedad, como la necesidad de vivienda. **La medición del carbono de ciclo de vida es el principio de este cambio de paradigma y ayudará a desatar la innovación y mejorar la competitividad del sector.**

2.2 ¿Qué es INDICATE-España?

INDICATE Data [6] es un proyecto europeo cuyo objetivo es mejorar la disponibilidad de datos de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) a nivel de edificio. Busca **establecer valores de referencia para establecer la línea de base de las emisiones de carbono del ciclo de vida de los edificios residenciales y de oficinas de obra nueva que se construyen actualmente en Irlanda, República Checa y España.**

Está financiado por la Fundación Laudes, gestionado por la consultora danesa Smith Innovation con el apoyo técnico de BPIE, KU Leuven y WorldGBC. La metodología de trabajo de cada piloto es abierta y flexible. INDICATE-España(ES) está cofinanciado por GBCE y sus socios españoles son la Universidad de Sevilla y GBCE. INDICATE-ES ha seguido un marcado **enfoque de co-creación**, con el apoyo de la inteligencia colectiva de una amplia red de colaboradores, expertos líderes en el sector del ACV a nivel de edificio en España, validadores de una metodología consensuada para el desarrollo de ACV teóricos de edificios "sintéticos". También ha contado con el apoyo de colaboradores y propietarios de datos, que han aportado datos de ACV de edificios reales, realizados con diferentes alcances, softwares, fuentes de datos e hipótesis.

El análisis de ambas fuentes de datos, sintéticos y reales, permite establecer unos **valores de referencia** que deben entenderse como el inicio de un proceso iterativo de mejora continuada. Para la obtención de los datos, se ha desarrollado una **herramienta perfeccionable** que permite la modificación de las hipótesis y premisas consideradas. Los datos obtenidos por INDICATE son una instantánea que refleja la metodología y la hipótesis de INDICATE en el momento de la finalización de este proyecto (diciembre de 2024). Desarrollos posteriores de INDICATE permitirían afinar sus resultados y adaptarse a una metodología oficial, que se definirá antes de la próxima modificación del Código Técnico de la Edificación (CTE) en 2026. Se trata por tanto de una **metodología perfeccionable y adaptable, transparente, trazable y automatizada,** para evitar que nazca obsoleta. Por su flexibilidad, podría llegar a servir de ensayo a la efectividad de diferentes políticas de descarbonización.

Además de los datos obtenidos y la herramienta que los soporta, INDICATE aporta la **identificación de aspectos que una metodología oficial deberá tener en cuenta** y ofrece una solución transparente y temporal, una metodología INDICATE-España. No es una metodología oficial, pero pretende ser de utilidad en su desarrollo. El MIVAU (Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana) responsable de CTE, está presente como observador y ha sido informado del desarrollo del proyecto y sus principales hallazgos. El trabajo ha sido reconocido de gran utilidad por parte de los responsables del MIVAU, ya que ha tenido lugar en paralelo al desarrollo del futuro marco reglamentario para la inclusión del reporte del Potencial de Calentamiento Global (PCG) que están llevando a cabo. La presencia del gobierno como observador neutral favorece la utilidad del proyecto en un momento en que la medición del carbono del ciclo de vida es urgente. Por otro lado, el Instituto Torroja de la Construcción, brazo técnico del MIVAU en la elaboración del CTE, es uno de los colaboradores del proyecto.

Otro resultado del proyecto igualmente importante es la creación de un grupo de trabajo consolidado formado por pioneros en el ACV de edificios. El proceso de co-creación con colaboradores, basado en múltiples reuniones y encuestas a lo largo del proceso, facilita la aceptación de los resultados como un punto de partida e identifica posibles aspectos de mejora en eventuales desarrollos posteriores.

2.3 Contexto político internacional

Para facilitar un lenguaje común europeo, el marco de evaluación de la sostenibilidad Level(s) [7] define unos indicadores clave relativos a la sostenibilidad de la edificación. El indicador 1.2 analiza el Potencial de Calentamiento Global (PCG) del ciclo de vida, alienado con las normas EN-15.804 y EN-15.978. A nivel legislativo y reglamentario, además de la Directiva de Eficiencia Energética de los Edificios (DEEE), otros marcos europeos fijan sus objetivos en la descarbonización y sostenibilidad en la edificación.

Desde el lado de la oferta de productos y edificios descarbonizados, además de la DEEE:

- **Directiva (UE) 2023/1791 de eficiencia energética (EED)** [8]. Busca reducir el consumo de energía en los edificios y otros sectores para contribuir a los objetivos climáticos de la UE. Se centra en las emisiones de carbono operativas, aunque considera la contratación pública como una oportunidad para abordar el carbono incorporado en los edificios a lo largo de su ciclo de vida.
- **Reglamento (UE) 2024/3110 de Productos de Construcción (RPC).** [9]. Recientemente aprobado. Mejorará la disponibilidad de datos específicos al exigir que se proporcione información ambiental de los productos de construcción para obtener el marcado CE.
- **Reglamento (UE) 2024/1781 de Diseño ecológico** [10]. Fijará requisitos relativos a los productos finales de construcción cuando no sea probable que las obligaciones marcadas por el RPC y su cumplimiento logren de un modo suficiente los objetivos de sostenibilidad.
- **Directiva (UE) 2023/959 sobre régimen para comercio de derechos de emisión** [11]. Se ha incluido las emisiones de calefacción in situ en un régimen específico para edificios. Hay que tener en cuenta que cemento, acero y vidrio ya forman parte del Sistema de Comercio de Emisiones (ETS) [12] y la aplicación de la DEEE les ofrece una demanda de mercado. El reporte del carbono de ciclo de vida de los edificios podría facilitar su posible inclusión futura en el régimen de comercio de emisiones.
- **Acuerdo provisional sobre el Reglamento relativo a la absorción y el almacenamiento de carbono (CRCF)** [13] por el que se crea el primer marco voluntario a escala de la UE para la certificación de la absorción y el almacenamiento de carbono en productos de toda Europa y tiene en cuenta, entre otros, los elementos que almacenan carbono en productos de construcción a base de madera y de origen biológico.

Desde el lado de la demanda:

- **Reglamento de la Taxonomía de las finanzas sostenibles** [14]. Define las actividades sostenibles como aquellas que Contribuyen Sustancialmente (CS) a uno de los 6 objetivos ambientales definidos, sin causar un daño significativo (DNSH) al resto. Incluye el informe del Potencial de Calentamiento Global (PCG) alineado con el indicador 1.2 del marco Level(s) y con la norma EN-15978. Se aplica a los edificios mayores de 5.000 M2- en el objetivo ambiental de mitigación- y a todos los edificios- en el objetivo ambiental de economía circular. Debe ser puesto en conocimiento de los inversores y clientes que lo soliciten.
- **Directiva (UE) 2022/2464 de información corporativa sostenible (CSRD)** [15]. La presentación de información de sostenibilidad de las empresas requiere que éstas divulguen información detallada de sus emisiones de GEI directas (alcance 1), indirectas (alcance 2) e indirectas de su cadena de suministro (alcance 3). La DEEE facilitará a las empresas del sector la presentación de información sobre las emisiones de los edificios que construyan o promuevan.
- **Reglamento de Divulgación de Finanzas Sostenibles (SFRD)** [16]. Establece que todos los participantes en los mercados financieros cuyos productos se comercialicen en la UE tienen la obligación legal de proporcionar datos transparentes y precisos sobre el rendimiento ESG del fondo de inversión. Aquellos fondos que promuevan inversiones con cualidades sociales y ambientales deberán reportar de acuerdo con la taxonomía de finanzas sostenibles.
- **Contratación Pública Ecológica (CPE).** Sin ser reglamentaria, la CPE se ha convertido desde la Directiva 2014/24 [17] en un motor de transformación ecológica al permitir la introducción de requisitos

sociales y medioambientales en los criterios de licitación pública. Por tratarse de capital público y por constituir casi 1/5 del PIB europeo, es un instrumento con una alta capacidad de transformación del sector y un gran poder ejemplarizante para impulsar la demanda y apoyar la innovación. La Comisión Europea ha desarrollado criterios voluntarios para varios grupos de productos, incluidas las oficinas. El Joint Research Center (JRC) publicará en 2024 los criterios para edificios docentes, oficinas y vivienda social, alineados con taxonomía y Level(s), revisables cada 4 años. No incluyen límites al carbono de ciclo de vida por falta de datos.

Este marco legislativo internacional muestra la importancia de las políticas europeas enfocadas en la descarbonización de edificios, desde la oferta y la demanda, y señala el camino para **garantizar la competitividad del sector de la construcción español.** Su implementación justifica el interés en generar datos relevantes con un enfoque de ciclo de vida.

2.4 Contexto de la política nacional

Regulación, políticas e iniciativas clave

A nivel Estatal

En España se ha reforzado la política de descarbonización en el sector de la edificación, desde el impulso a la rehabilitación y la nueva construcción de edificios de alta eficiencia energética hasta la introducción del enfoque de ciclo de vida. Las prioridades giran en torno a la descarbonización y la mejora de la eficiencia, tanto en las políticas de nueva construcción como en las de renovación:

- **Inclusión del indicador del Potencial de Calentamiento Global (PCG) en el CTE para determinados edificios en una implementación temprana de la DEEE.**
  El Código Técnico de la Edificación (CTE) establece los requisitos básicos de calidad para cumplir con la seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) (Ley 38/1999). Dentro del CTE, el Documento Básico de ahorro de energía (CTE DB-HE) hace referencia únicamente a la eficiencia energética en fase de uso.
  Recientemente, el Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana (MIVAU) ha anunciado públicamente la próxima inclusión en el CTE de un nuevo Documento Básico sobre Sostenibilidad Ambiental (DB-SA) [18], que incluirá nuevos requisitos e indicadores de sostenibilidad, como el Potencial de Calentamiento Global en todo el ciclo de vida del edificio, además de modificaciones sobre el actual DB-HE y sobre la Parte 1 del CTE. **La actualización del CTE contemplaría la declaración obligatoria del carbono de ciclo de vida a partir de 2026.** El objetivo es obtener datos para establecer, antes de 2027, la hoja de ruta para la introducción de valores límite al PCG a partir de 2030, como establece la DEEE. Esta primera fase de reporte, aún en estudio, se propone para determinados elementos de algunos edificios y sólo para algunas etapas (A1-A3 y B4). El resto de las etapas y elementos se cumplimentaría mediante declaración voluntaria, o bien con datos por defecto. A tal efecto, desde el Instituto Torroja de la Edificación y con el apoyo de la Universidad de Sevilla, se está elaborando un listado de datos ambientales genéricos por defecto. Tal como establece la DEEE, está previsto que la declaración del PCG se cumplimente paralelamente al Certificado de Eficiencia Energética (CEE). Por tanto, su registro será competencia de cada comunidad autónoma. Actualmente la información de los CEE residenciales y terciarias se recopila en un portal de información geográfica a partir del catálogo de datos abiertos de las Comunidades Autónomas.

- **Inclusión de otros indicadores ambientales en el CTE.**
  Durante la "Jornada sobre la inclusión del Potencial de Calentamiento Global y otros indicadores en el CTE" se planteó la posibilidad de incluir otros indicadores ambientales, especialmente la huella hídrica dada la preocupación por la sequía, puesto que el 74% del territorio es susceptible de desertificación [19]. Los participantes se mostraron a favor de su inclusión, incluso de su limitación en la etapa de uso, y se mencionó también el impacto del edificio en todo su ciclo de vida sobre la contaminación del agua. Sin embargo, por ahora no se ha anunciado su inclusión.

- Planes para dirigir la acción de descarbonización del entorno construido en España: Implantación del **Plan Nacional de Energía y Clima (PNIEC)** [20], hoja de ruta hacia la descarbonización de la economía hasta 2030; **Plan Nacional de Renovación de Edificios** [21], plan de rehabilitación a gran escala que debe integrarse en el PNIEC.

Otra Iniciativas a nivel regional y local

Múltiples iniciativas se están poniendo en marcha para incluir la contabilidad del carbono de ciclo de vida en la documentación oficial de los proyectos y en la administración pública.

CATALUÑA

- **Herramienta estadística de medición de la huella de carbono en visado.**
  Como parte de una iniciativa de la "Asociación de Arquitectos y Sostenibilidad" (AUS) del Colegio de Arquitectos de Cataluña (COAC), se ha desarrollado una herramienta por parte del Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITeC) que estará disponible para todos los arquitectos registrados en el COAC a lo largo de 2025. Esta herramienta, de uso voluntario, ayudará a completar la información estadística obligatoria vinculada a los permisos de construcción [22], mientras genera datos sobre las emisiones de carbono en el ciclo de vida basados en esta información. Su objetivo es aumentar la conciencia y generar interés en el enfoque del ciclo de vida. También ayudará a **establecer un orden de magnitud** acerca del PCG en el sector. Se actualizará anualmente y, en su inicio, informará sobre las emisiones de CO2 de las etapas de fabricación y construcción. AUS e ITeC son colaboradores de INDICATE-ES (ver Anexo "Iniciativas en descarbonización de los colaboradores" COAC-1/ITEC-7).

- **Protocolo de sostenibilidad para licitaciones de proyectos y obras del AMB e IMPSOL.**
  El Área Metropolitana de Barcelona (AMB) y el Instituto Metropolitano de Promoción del Territorio y Gestión de Activos (IMPSOL), con el apoyo del ITeC, han incorporado los límites del carbono de ciclo de vida a su protocolo. Se aplica a las etapas A1-A3, A4 y A5 con límites gradualmente más restrictivos. El protocolo ha sido finalista de los Premios Bauhaus 2024.
  AMB e ITeC son Entidades colaboradores de INDICATE-ES (ver Anexo Iniciativas AMB/ITeC-1)

COMUNIDAD VALENCIANA

- **Herramienta TURIA.**
  Se trata de una herramienta gratuita de ACV publicada en 2024 con información ambiental de la Base de Datos de Construcción del Instituto Valenciano de la Edificación (IVE) como instrumento para la Compra Pública Ecológica (CPE). Permite incluir y valorar criterios medioambientales en las licitaciones de edificación e ingeniería civil y facilita a diseñadores y empresas la selección de las opciones con menor impacto ambiental. Cubre las etapas A1-A3, A4 y A5 y proporciona indicadores

sobre el uso de los recursos (huella hídrica, materiales consumidos y energía integrada), el impacto ambiental (PCG) y la circularidad de los recursos. El IVE es una Entidad colaboradora de INDICATE-ES (ver Anexo Iniciativas IVE-1).

BALEARES (Islas Baleares)

- **Catálogo ARV de soluciones constructivas de bajo impacto ambiental en las Islas Baleares.** El Instituto Balear de la Vivienda (IBAVI) ha puesto en marcha la búsqueda de materiales no convencionales como respuesta la emergencia climática y a la escasez de materias primas. Sus licitaciones priorizan el uso de los recursos existentes en las islas y la reducción del impacto ambiental. En este contexto se está llevando a cabo el desarrollo del Catálogo ARV. El IBAVI es una Entidad colaboradora de INDICATE-ES. (ver Anexo Iniciativas IBAVI-1).

El avance hacia políticas centradas en la descarbonización es evidente a nivel estatal, regional y local y subraya la necesidad de contar cuanto antes con valores de referencia como primer paso para una descarbonización informada. **INDICATE nace en el lugar correcto en el momento adecuado.**

Proyectos e iniciativas paralelas centradas en la huella de carbono

INDICATE-ES se ha beneficiado de los conocimientos obtenidos en proyectos previos y actuales, con una larga trayectoria, relacionados con el carbono de ciclo de vida en los que han participado sus socios y colaboradores, directa o indirectamente.

Destacan iniciativas anteriores centradas en el desarrollo de herramientas y datos de ACV como : **SOFIAS** (2011-2014), herramienta ligada al certificado de eficiencia energética (CEE) y al cálculo de soluciones constructivas del Catálogo de Elementos de Edificación del CTE; **HCE-arCO2** (2014), que posteriormente se desarrolló en Ecómetro-ACV, y también **OerCO2** (2016-2018), recurso educativo online para el cálculo del ACV de soluciones constructivas habituales. (ver Anexo “Proyectos paralelos”)

Desde el equipo de la Universidad de Sevilla son relevantes las investigaciones internacionales sobre la metodología de ACV, como **IEA EBC Annex 72, IEA EBC Annex 89** y otros. Desde GBCE destaca el proyecto **Building Life** para impulsar la acción climática en el sector de la edificación y lograr la descarbonización del entorno construido en todo su ciclo de vida, que tendrá en cuenta los resultados de este proyecto en las acciones de su hoja de Ruta. Además, otros proyectos pasados y futuros como **LifeLevel(s), More Life to Level(s),** entre otros, abordan la descarbonización y la capacitación del sector (ver Anexo Iniciativas GBCE y Universidad de Sevilla). Por otro lado, el **área de certificación del GBCE** tiene una larga trayectoria en la integración del ACV en sus herramientas. En el caso de la herramienta VERDE de GBCE, parte de la puntuación se otorga actualmente por comparación con un edificio de referencia, que podría ser sustituido en futuras versiones por los valores de referencia obtenidos en INDICATE o en sus desarrollos futuros..

Por otro lado, los colaboradores de INDICATE son pioneros en descarbonización, y desarrollan actualmente **iniciativas paralelas de alto impacto**, enriqueciendo INDICATE con sus conocimientos. Se comparten estas iniciativas en el anexo bajo la premisa de que **“si uno puede, los demás también”**, como vasos comunicantes que pueden facilitar el acercamiento progresivo y en bloque del sector hacia el objetivo de la descarbonización a partir del ejemplo y las buenas prácticas. Muchas iniciativas destacan por su replicabilidad, escalabilidad y capacidad transformadora, no solo en España, sino a nivel europeo.

Muestran las preocupaciones y líneas de acción de los colaboradores y están alineadas con algunas de las recomendaciones de este informe.

Otras prioridades políticas para los edificios

La obtención de valores de referencia de la edificación tiene como objetivo final la descarbonización del sector. Al mismo tiempo, existe una alta demanda de vivienda digna. Es necesario priorizar las estrategias más eficaces para dar respuesta simultánea a ambos objetivos. Y para ello se necesitan datos.

Pobreza energética

El 9,1% de la población española vive en situación de pobreza energética y no puede mantener una temperatura adecuada en la vivienda [23].

Escasa vivienda social

El porcentaje de vivienda social en España es del 2,5%, ocupando la posición número 18 de la Unión Europea de una lista encabezada por Países Bajos, con un 30% o Austria con un 24% [24]. En respuesta a esta situación, el Gobierno de España ha apostado por incentivar o directamente construir vivienda social en alquiler y se ha creado una línea específica en los Fondos Next Generation [25]. A nivel autonómico, especialmente en País Vasco, Cataluña, Andalucía y Madrid, también se están llevando a cabo actuaciones para paliar esta carencia de vivienda social.

Tendencias de las viviendas

A través de las estadísticas del INE se constata que las viviendas son cada vez mayores para el mismo número de ocupantes. [26].

Desequilibrio entre la oferta y la demanda de vivienda

Según el Informe anual del Banco de España de 2023 [27] y datos del INE [28].

- Se necesitan 600.000 viviendas para satisfacer la demanda y equilibrar el mercado hasta 2025.
- 3,8 millones de viviendas están desocupadas

Estado de las viviendas desocupadas

- 450.000 son de obra nueva y están sin comercializar
- Muchas necesitan rehabilitación energética o mejoras de accesibilidad.

Viviendas desocupadas y su inadecuación geográfica

Según este mismo informe, de los 3,8 millones de viviendas desocupadas:

- 45% (1,7 millones) están municipios de menos de 10.000 habitantes (20,3% de la población)
- 10,5% (400.000) están en municipios de más de 250.000 habitantes (23,8% de la población)

En España la población rural ha disminuido un 40% en la 2ª mitad del siglo XX [29] . El 16 % de la población vive en municipios rurales que ocupan el 84% del territorio [30]. Esa **"España vaciada",** de grandes desequilibrios territoriales, da lugar a una "geografía del descontento" [31], que genera un euroescepticismo que pone en peligro el apoyo al Pacto Verde Europeo. La falta de servicios, el aislamiento, la gobernanza fragmentada y los bajos niveles de ingresos empujan a los jóvenes a emigrar a las ciudades, perpetuando un círculo vicioso en declive y dando lugar a la **inadecuación geográfica de las viviendas vacías.**

Frente a esta situación, frecuente en Europa, el impulso a la cohesión territorial y el desarrollo de las zonas rurales son prioridades políticas en la UE. La política de cohesión supone un tercio de su presupuesto. Su objetivo es reforzar la cohesión económica, social y territorial, reduciendo las disparidades entre regiones, con especial atención a las zonas rurales, las zonas afectadas por una transición industrial y las regiones que sufren desventajas naturales o demográficas graves y permanentes. Por otro lado, la Política Agrícola Común (PAC) también es prioritaria y representa otro tercio del presupuesto europeo. Su objetivo es garantizar la seguridad alimentaria, apoyar al sector primario y promover el desarrollo rural.

Esta breve radiografía de la oferta y demanda de vivienda muestra que la solución a la emergencia habitacional no pasa únicamente por la construcción de nuevas viviendas. **Conocer las emisiones de la edificación de obra nueva permite pone en valor las actuaciones para amortizar el carbono ya empleado en edificación infrautilizada debido a su inadecuación, ya sea por falta de habitabilidad, por inadecuación geográfica o por ambas.** La rehabilitación y regeneración urbana permite dignificar y mejorar la habitabilidad de viviendas en situación de pobreza energética o vacías. El apoyo a la cohesión y desarrollo de los territorios que concentran viviendas desocupadas permite la restructuración territorial de la demanda. Por otro lado, la carencia de vivienda social pone de relieve la necesidad de un sector público ejemplarizante, que pueda dar solución a la emergencia habitacional sin olvidar la emergencia climática.

2.5 Penetración en el mercado del Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

Para obtener valores de referencia de la linea de base de las emisiones de carbono de ciclo de vida apropiados, es necesario contar con datos realizados según una metodología de ACV que garantice la comparabilidad, con herramientas de cálculo adecuadas y datos ambientales suficientes y confiables. Además, es necesario identificar a proveedores de datos de ACV a nivel de edificio.

Metodología ACV en España

No existe una metodología nacional, ni un método armonizado para calcular el ACV a nivel de edificio. Varias opciones metodológicas se deciden a discreción del profesional del ACV, dependiendo del propósito del ACV, ya sea para un certificado de sostenibilidad específico, para la CPE o como herramienta de diseño o comunicación. Esto se traduce en poca comparabilidad de los resultados y dispersión significativa de resultados.

Software disponible

Hay cuatro herramientas comerciales de ACV disponibles: TCQi-GMA de ITeC, Cype, OneClick LCA y Ecómetro-ACV. Recientemente, el Instituto Valenciano de la Edificación ha lanzado la herramienta gratuita TURIA (marzo 2024). Por otro lado, algunos consultores utilizan sus propias herramientas y hojas de cálculo.

DAPs existentes

Existen 2 operadores de programas DAP en España: DAPconstrucción® [32], operado por el Colegio de Aparejadores de Barcelona (CATEB), que recientemente ha llegado a un acuerdo de mutuo reconocimiento con la base francesa INIES, y Global EPD [33], operado por AENOR. Existen otros productos fabricados en España cuyas DAPs han sido realizadas por otros operadores europeos como Environdec (EPD Internacional) u otros operadores de programas (IBU y otros) que podrían integrar productos de construcción fabricados en España. En los últimos años, la declaración de las DAP se ha extendido en España. Actualmente, el número de productos nacionales con DAP es de más de 400 [34]. En INDICATE-España se han utilizado 133 DAPs. Siempre que ha sido posible las DAPs corresponden a la actual versión de la norma, la EN 15.804-A2. Se asume que aquellas realizadas según la versión anterior de la norma (15.804-A1) deberán ser actualizadas en eventuales futuros desarrollos de INDICATE.

Datos genéricos

No existen datos genéricos de fuentes oficiales, aunque sí el precedente de la base de datos OpenDap [35] (CSIC-Instituto Torroja de la Construcción), que contenía información genérica desarrollada en diferentes proyectos de investigación. Sin embargo, actualmente funciona como un repositorio para DAPs.

Cada una de las herramientas de ACV disponibles en España contiene sus propios datos genéricos para cubrir el vacío de DAPs. Las bases de datos de inventario más utilizadas son ECOINVENT y GABI. Actualmente el Instituto Torroja y MIVAU están desarrollando un listado de datos ambientales genéricos por defecto que se publicará en 2025. La Universidad de Sevilla ha dado apoyo a esta tarea.

Disponibilidad de datos de ACV a nivel de edificio

En España no existe un repositorio de ACV a nivel de edificio. Según se señala en la DEEE, el reporte del carbono de ciclo de vida se recogerá a través del certificado de eficiencia energética (CEE). En España el registro del CEE es competencia de las 17 comunidades autónomas [36] y el geoportal “edificios eficientes” del gobierno español centraliza la información [37]. Sería recomendable que se centralizaran también de los datos del carbono de ciclo de vida.

Proveedores de servicios y capacitación del sector

Los cálculos de ACV a nivel de edificio son generalmente subcontratados por los equipos de proyecto o los auditores de certificación a consultorías especializadas, escasas en la actualidad debido a la falta de demanda. Existe una creciente necesidad de formación en el campo de la especialización en el cálculo del ACV de la construcción para satisfacer la demanda esperada. La falta de una metodología armonizada y la falta de capacitación generalizada de los profesionales del sector dificultan la

implantación de la medición del carbono de ciclo de vida y la obtención de datos para establecer valores de referencia.

2.6 Disponibilidad de datos de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) a nivel de edificio para establecer valores de referencia

Para poder establecer la situación actual de las emisiones de carbono de ciclo de vida de la construcción de obra nueva en España, es necesario identificar las fuentes de datos disponibles actualmente.

Esquemas de certificación de la sostenibilidad de la edificación

Las certificaciones de sostenibilidad incorporan el enfoque de ciclo de vida y pueden ser una fuente potencial de datos que ayude a establecer valores de referencia del carbono de ciclo de vida de la nueva edificación actualmente en España. Se trata de una muestra de edificios que por su vocación sostenible podría ofrecer una visión sesgada de la realidad, por lo que para obtener valores de referencia realistas es conveniente diversificar la muestra estadística.

En España, más de 3.000 edificios tienen algún certificado de sostenibiliad y otros 1.000 están en proceso de registro. El certificado inglés BREEAM encabeza el mercado, seguido del americano LEED, con amplia presencia en España, que encabeza la lista de los países con más certificaciones LEED de Europa. GBCE ofrece además apoyo a promotoras, públicas y privadas, para implantar progresivamente los criterios de VERDE, sensibilizando y formando a sus técnicos y gestores. Su impacto se extiende más allá de la propia promotora a través de los pliegos de condiciones de sus licitaciones (ver Anexo Esquemas de certificación en España).

Otras fuentes de datos de ACV a nivel de edificio

Más allá de la obtención de un certificado de sostenibilidad, existen otras motivaciones para la realización de ACVs :

- Como herramienta de diseño y/o de comunicación de la sostenibilidad del edificio, integrada en la práctica de algunos estudios de arquitectura, consultorías de sostenibilidad y promotoras.
- El marco Level(s): algunos estudios de arquitectura y consultoras de sostenibilidad, sin intención de certificar sus resultados por terceros, siguen directamente las directrices del marco europeo Level(s) para establecer sus indicadores de sostenibilidad.
- La Compra Pública Ecológica en caso de administraciones especialmente sensibilizadas como es el caso de algunos de los colaboradores de INDICATE-ES (ver Anexo Iniciativas).

Para identificar datos de ACV a nivel de edificio, la principal fuente son las consultorías especializadas y los promotores públicos o privados y despachos de arquitectura especialmente sensibilizados. Se espera que en un futuro próximo la taxonomía de las finanzas sostenibles y el reporte empresarial y financiero proporcione información relevante. En todo caso, la voluntad política del MIVAU de aplicación temprana de la DEEE, a partir de 2026, aumentará la disponibilidad de información y permitirá afinar los valores de referencia progresivamente a partir de datos de edificios sin una especial vocación ambiental.

3. Método y recopilación de datos

Dado que en España aún no existe una metodología armonizada de ACV de edificios y coexisten diversas herramientas y métodos de ACV, INDICATE-ES busca construir una infraestructura de datos que atienda estas particularidades y se base en dos cuestiones. En primer lugar, el desarrollo de datos armonizados basados en un método de ACV consensuado y cocreado con los principales actores que está trabajando en este tema en España, para obtener valores de ACV de edificios que reflejen las principales características de los edificios que se construyen. En segundo lugar, recopilar datos de ACV de edificios reales y desarrollados a partir de las herramientas y métodos existentes.

3.1 Descripción de casos de estudio

Para definir los casos de estudio se incorporan criterios relevantes que afectan a las emisiones de carbono a lo largo del ciclo de vida de los edificios.

- Estudios previos [38,39] indican que las tipologías edificatorias y las configuraciones de la geometría de los edificios tiene una fuerte afectación en los impactos que generan los edificios a lo largo de su ciclo de vida.
- Las características constructivas de los edificios constituyen aspectos relevantes [40] y se recomienda el abordaje particularizado de los sistemas estructurales y diferentes materiales.
- Por otra parte, se ha demostrado la importancia de tener en cuenta las zonas climáticas, dada su afectación a la envolvente, y de la sismicidad, dada su afectación a la estructura, en la definición de valores de referencia para los impactos incorporados y operativos que generan los edificios a lo largo de su ciclo de vida [39].

En este estudio, para elaborar la infraestructura de datos sobre los impactos que general lo edificios, se abordan las siguientes variables:

1. Características intrínsecas: tienen que ver con la tipología y programa del edificio y con los tipos constructivos.
2. Características modificables: tienen que ver con el uso característico del edificio.
3. Características que tienen que ver con el entorno: tales como la resistencia térmica, abordándose mediante la incorporación la diversidad de zonas climáticas que existen en España; y la resistencia mecánica, se aborda incluyendo tanto zonas que se encuentran dentro del alcance de la aplicación obligatoria de la norma de diseño sismorresistente NCSE 02 (tienen una aceleración sísmica básica mayor o igual a 0.08g), como zonas que no.

De acuerdo con lo anterior, este estudio se enfoca en elaborar datos para cinco tipos edificatorios residenciales, edificios de oficinas y la cuantificación de la forma desagregada de los edificios de aparcamientos enterrados, todos ellos de nueva construcción (Tabla 2).

Tabla 2 - Tipos edificatorios incluidos en el estudio

Tipo edificatorio residencial	Tipo NO residencial
Vivienda unifamiliar aislada	Edificio de oficinas
Vivienda unifamiliar entre medianeras	Aparcamiento en sótano
Plurifamiliar < 3 plantas	-
Plurifamiliar > 3 plantas	-
Plurifamiliar en torre > 3 plantas	-

Vivienda unifamiliar aislada | Vivienda unifamiliar entre medianeras | Plurifamiliar <3 plantas | Plurifamiliar >3 plantas | Plurifamiliar en torre >3 plantas | Edificio de oficinas | Aparcamiento en sótano

3.2 ACV de los casos de estudio

La metodología INDICATE-ES para el desarrollo de la infraestructura de datos y definición de valores y rangos de referencia se basa en la obtención de dos tipos de datos procedentes de dos tipos de fuentes:

- **Casos reales:** constituyen datos de ACV de edificios reales desarrollados en España por diferentes entidades, consultoras y estudios de arquitectura, entre otros. Han sido desarrollados utilizando diversos softwares de cálculo, fuentes de datos y diferentes opciones metodológicas empleadas en el ACV (p.ej. en cuanto a los módulos del ciclo de vida incluidos)

- **Casos sintéticos:** se basan en modelos digitales de edificios que representan edificación residencial y de oficinas de diseño habitual en España.

Tabla 3 - Casos reales vs Casos Sintéticos

	Casos reales	Casos sintéticos
Número de casos	53	126
Principal fuente de datos	Edificios reales	Modelos BIM de edificios
Datos ambientales	Diversas fuentes	Ecoinvent v 3.10/ DAPs
Módulos del ciclo de vida incluidos	Diversos, según el caso	A1-A5 B1-B7 C1-C4 D
Vida útil del edificio	50 o 60 años, según el caso	50 años

En la Tabla 3 se comparan algunos de los principales aspectos que presentan los dos tipos de datos que componen este estudio, evidenciado algunas de las principales posibles diferencias.

Los datos recogidos en los casos reales y generados en los casos sintéticos pretenden ser representativos de los valores esperados de las emisiones de carbono a lo largo del ciclo de vida de los edificios construidos en todo el territorio español. La plantilla para la recolección de datos se desarrolla a partir de estudios previos [40], adaptándose a las particularidades de este proyecto, y se ha utiliza la misma plantilla de datos tanto para casos reales como sintéticos.

Casos Reales

Se han recolectado 53 casos reales, representativos en la medida de lo posible de la gran variedad de situaciones definidas. La selección de estos casos se basa en un mapeo de datos sobre ACVs existentes de edificios residenciales nuevos construidos en España y desarrollados por los proveedores de datos que han colaborado con INDICATE-ES. A partir de los casos recogidos, se prioriza la diversidad de los softwares utilizados y de los proveedores de datos de ACV, para cubrir todas las zonas climáticas (las más densamente pobladas, ahora y en el futuro) y las zonas sísmicas y no sísmicas de España. Se ha recopilado información exhaustiva sobre casos reales para identificar las variables que más influyen en la variabilidad de los resultados.

Casos sintéticos

Para realizar los ACV de los casos sintéticos se ha utilizado una metodología desarrollada específicamente para este este proyecto, cocreada con los colaboradores en la validación de INDICATE-ES y en concordancia con la normativa de referencia EN 15978 [4] y con el marco europeo de evaluación de la sostenibilidad Level(s) [41]. Se han desarrollado utilizando el método de definición de arquetipos previamente utilizados en estudios similares [42].

La descripción pormenorizada del método utilizado y las hipótesis de cálculo definidas se ha incluido en el documento (ver anexos técnicos y documentación en el repositorio de datos web vinculado al principio de este informe).

Para cada una de las siete tipologías analizadas, se han considerado **18 posibles variantes**. Cada una de estas configuraciones de edificios pretende ser representativa de las posibles variaciones que se pueden presentar en el territorio español. Cada uno de estos subtipos se dimensiona en función de tres criterios:

- Tres tipos constructivos, que puedan arrojar valores ambientales de bajo impacto, valores modales, es decir lo más frecuentes, y valores de máximo impacto.
- Tres resistencias térmicas posibles de la envolvente (baja, media y alta).
- Dos resistencias mecánicas (media y alta), características en el territorio español, debidas a sismicidad.

Cálculo de las emisiones de carbono de los casos sintéticos

En la figura 4 se muestra el flujo de trabajo para la obtención de los resultados del ACV y su análisis,

que ha permitido simplificar la adquisición y organización de datos, minimizando posibles errores y optimizando procesos. Por otra parte, partiendo de la utilización de una estructura sistemática para la organización de la información del edificio y la extracción de materiales y productos aportada por Level(s), se pone énfasis en controlar las cuestiones que más pueden influir en los resultados del ACV: inventario del edificio, opciones metodológicas, hipótesis de cálculo y datos ambientales.

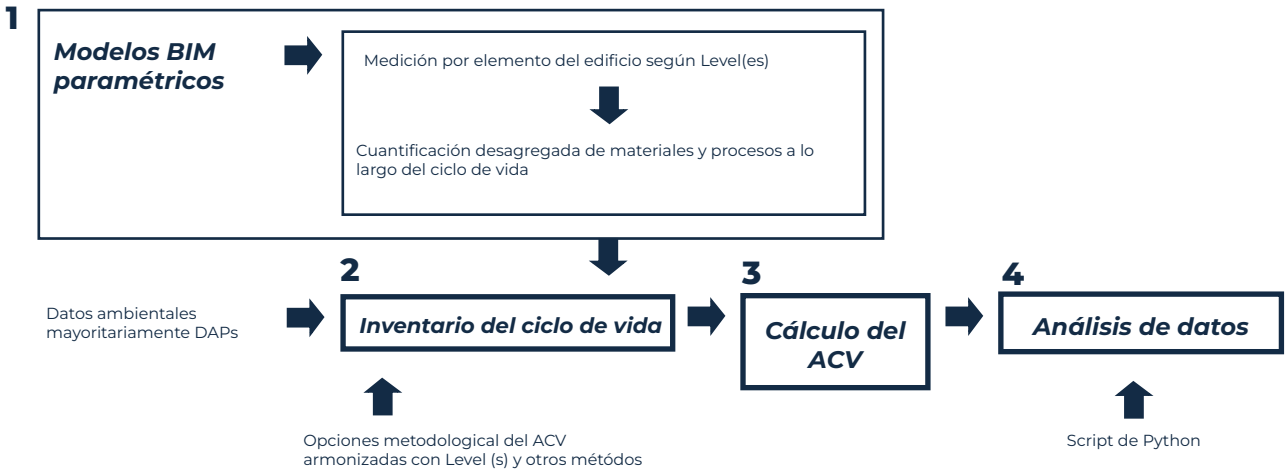


Figura 4 - Esquema de las etapas del flujo de trabajo de INDICATE-España

Etapa 1. Modelos BIM paramétricos

Estos modelos se elaboran en función de los edificios seleccionados como caso de estudio, variando los tipos constructivos (p.ej. tipo de cubierta plana), para tener de forma más ajustada las cantidades de materiales por elemento, siguiendo la descomposición sistemática (por elemento) según Level(s). Esta información se extrae de los modelos BIM y se vincula de forma automática a una estructura de datos que de forma paramétrica permite enriquecer estos datos y obtener cantidades de materiales, productos y componentes que intervienen a lo largo del ciclo de vida del edificio.

Etapa 2. Inventario del ACV

Además de los datos sobre las cantidades de los materiales, productos y componentes que conforman el edificio, se han utilizado diferentes tipos de datos ambientales en el análisis: 1) Datos específicos extraídos de DAPs de productos preferentemente fabricados en España o la región y 2) Datos genéricos extraídos de Ecoinvent v 3.10 [43]. Para aplicar estos datos a la estructura de arquetipos establecida, se han definido tres categorías. Para cada grupo de arquetipos, se ha establecido un cálculo diferente para los datos ambientales asociados a los materiales.

- **Arquetipos de impacto mínimo:** se calculan con los datos más bajos posibles extraídos de las DAP; si no se dispone de datos de DAP, se toman los datos genéricos sin mayor incremento.
- **Arquetipos de impacto típicos:** se calculan según el método INIES, utilizando datos específicos, incrementados según el número de DAP disponibles para cada producto. Si no se dispone de datos específicos, el método INIES propone utilizar datos genéricos, incrementados en un 30% (x 1,3) (ver Anexo Modelo basado en INIES).

- **Arquetipos de impacto máximo:** se calculan con datos genéricos aumentados en un 30% (x1,3).

En cuanto al tratamiento del carbono biogénico se ha adoptado el enfoque -1/+1, dado que es el utilizado en muchas de las DAPs que se han incluido en el estudio. El enfoque -1/+1 contabiliza como -1 al carbono biogénico capturado por la madera al inicio de la extracción de materias primas y como +1 al carbono biogénico liberado al final del ciclo de vida. Se ha de tener en cuenta que las DAPs realizadas con la versión anterior de la norma EN 15.804-A1 no incluyen los resultandos del carbono biogénico de forma desagregada, como sí hace la versión EN 15.804-A2.

Etapa 3. Cálculo del ACV

Se utiliza una herramienta específica desarrollada a partir de hojas de cálculo Excel ad-hoc basadas en la desarrollada previamente en el marco del proyecto UpfrontCO2 'Construct Innovate/IGBC/University of Galway WLC Calculator (UpfrontCO2 project) - v2.2'., proporcionada por GBC Irlanda. Esta herramienta incorpora opciones metodológicas, hipótesis de cálculo y datos ambientales previamente definidos y consensuados con los colaboradores. Por otra parte, mediante el uso de esta herramienta es posible adaptar y optimizar el flujo de datos para vincularlo de forma automática con la siguiente etapa.

Etapa 4. Análisis de los datos de ACV

En esta etapa se parte de los datos previamente organizados y sistematizados en la etapa 3. Aquí se termina de ajustar la hoja de cálculo de resumen de resultados que incluirá todos los ACV realizados en el proyecto (incluidos los de los arquetipos, los de los edificios reales y los datos de ACV aportados por los colaboradores). Para el análisis de los datos se utilizan desarrollos previos [40], enfocados en el procesamiento, organización, sistematización y visualización de resultados del ACV de edificios.

Opciones metodológicas e hipótesis de cálculo de los casos sintéticos

Dependiendo del módulo del ciclo de vida, se han establecido varios criterios para determinar las hipótesis de cálculo y las opciones metodológicas para realizar los ACV. En la Tabla 4 se detallan las principales hipótesis y fuentes de datos utilizadas para realizar los ACV, organizados de acuerdo con los módulos de información descritos en la norma EN 15978 (EN, 2011) [4].

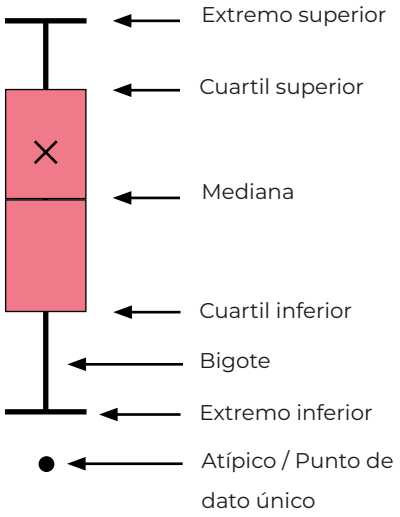
Tabla 4 - Hipótesis de cálculo y fuentes de datos para realizar los ACV.

Módulo	Descripción	Hipótesis	Fuente del dato
A1	Extracción de materias primas	Datos ambientales definidos dependiendo del tipo de arquetipo que se considere (Arquetipo de impacto máximo, modal y mínimo).	Ecoinvent 3.10 [43], DAPs
A2	Transporte a fábrica		
A3	Fabricación		
A4	Transporte al edificio	Para materiales a granel se considera una distancia de 250 km. Para otros tipos de materiales, se calcula una distancia media mediante modelización en QGIS (600 km). Para materiales importados se considera distancia de 22.000 km de distancia por mar.	INDICATE Spain

A5	Construcción	Valor estimado de consumo de electricidad y combustible por cada m3 de materiales y factor de descarbonización teniendo en cuenta la futura evaluación de las emisiones.	Kellenberger et al., (2007) [44]
B1	Uso	Se ha considerado un porcentaje de cargas y pérdidas de refrigerante para cada uso. Tasa annual de fuga supuesta de 2%. Se considera la captura de carbono por carbonatación para productos de hormigón y elementos de hormigón.	CIBSE TM65 [45] EN 16757:2023 [46]
B2	Mantenimiento	Valor estimado de consumo de electricidad y combustible por cada m^3 de materiales y factor de descarbonización teniendo en cuenta la futura evaluación de las emisiones.	Kellenberger et al., (2007) [44]
B3	Reparación	Valor estimado de consumo de electricidad y combustible por cada m^3 de materiales y factor de descarbonización teniendo en cuenta la futura evaluación de las emisiones.	Kellenberger et al., (2007) [44]
B4	Sustitución	Se incluyen los impactos del elemento reemplazado en fase de producto (A1-A3) así como los impactos de los módulos A4, A5, B2, B3, C1, C2, C3, C4, derivados de la colocación de los nuevos elementos. La vida en servicio de los elementos del edificio definidos en el marco Level(s) se ha ajustado a INDICATE-ES.	Level(s) manual [41] adaptado a España
B5	Rehabilitación	Valor estimado de consumo de electricidad y combustible por cada m^3 de materiales y factor de descarbonización teniendo en cuenta la futura evaluación de las emisiones.	Kellenberger et al., (2007) [44]
B6	Energía Operacional	Valores límite establecidos por el Código Técnico de la Edificación, para las zonas climáticas incluidas en el estudio (min, med. máx). Se consideran las proyecciones futuras de descarbonización basadas en fuentes oficiales del PNIEC	CTE [47] PNIEC [20]
B7	Agua operacional	Se refiere a las emisiones relacionadas con el ciclo del agua y los impactos asociados. Se basa en el marco Level(s) para estimar el consumo de agua y se ha multiplicado por los factores de emisión.	Level(s) [41]
C1	Deconstrucción	Valor medio de consumo de electricidad y combustible por cada m^3 de demolición.	Kellenberger et al., (2007) [44]
C2	Transportes de residuos	Distancia media hasta el vertedero y plantas de tratamiento de 50 km, transportando en camión de 16 a 32 ton.	INDICATE España
C3	Tratamiento de residuos	Datos generales publicados por el INE sobre "Estadísticas de recogida y tratamiento de residuos.	INE (Instituto Nacional de Estadística (Spain), 2024) [48]
C4	Disposición final	Datos generales publicados por el INE sobre "Estadísticas de recogida y tratamiento de residuos.	INE (Instituto Nacional de Estadística (Spain), 2024) [48]
D1	Reutilización	Este dato se incluye si lo hace la DAP del producto utilizado.	DAPs
D2	Energía exportada	No ha sido considerada en este análisis. Si bien esta energía solar exportada podría contribuir significativamente a la reducción del consumo neto de energía, su exclusión se debe a razones previamente determinadas en la metodología del estudio. Reducir el impacto de la producción de energía, puede llevar a un aumentar en el impacto embebido de las instalaciones relacionadas.	n/a

3.3 Resultados e interpretación

Emisiones de carbono de ciclo de vida por unidad de superficie de edificio según tipologías analizadas



Las figuras presentadas en esta sección son diagramas de cajas y bigotes, que representan los siguientes valores de interés:

- Los cuartiles superior e inferior: indican que un 25% de los casos quedan por encima y por debajo respectivamente de la caja. Definen el perímetro de la caja, que contiene el 50% de los casos situados en el rango medio.
- La mediana es el valor central, es decir, hay el mismo número de casos por encima que por debajo.
- El valor medio (la X de la figura 5) es la media estadística del conjunto de datos.
- Los valores atípicos corresponden a datos que están excesivamente lejos del conjunto de datos analizados.

Figura 5 - Explicación de los diagramas de cajas y bigotes.

A partir de resultados obtenidos, se elaboran las figuras 6 y 7, que reflejan los rangos de emisiones en el total del ciclo de vida de los edificios analizados, en Kg CO_2eq. por equivalente funcional (m^2 de superficie construida), de edificios residenciales y no residenciales, de casos sintéticos y reales. Los datos se muestran aquí por unidad de superficie construida, para permitir comparar con los casos reales y otros estudios [40].

Resultados generales para tipologías residenciales y no residenciales.

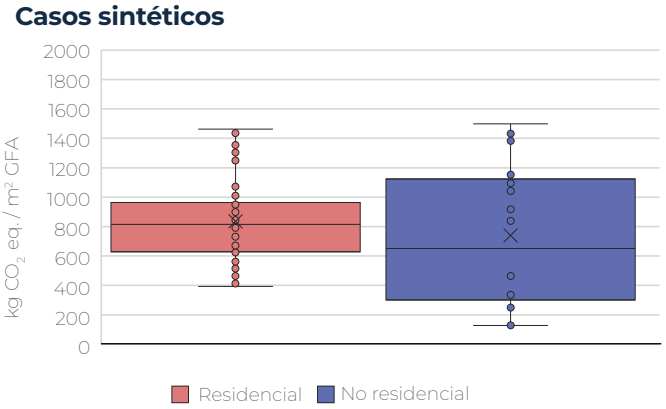


Figura 6 - Casos sintéticos. PCG (etapas A – B- C) Kg CO2eq./m2 Sup. Const. (GFA), residenciales y no residenciales.

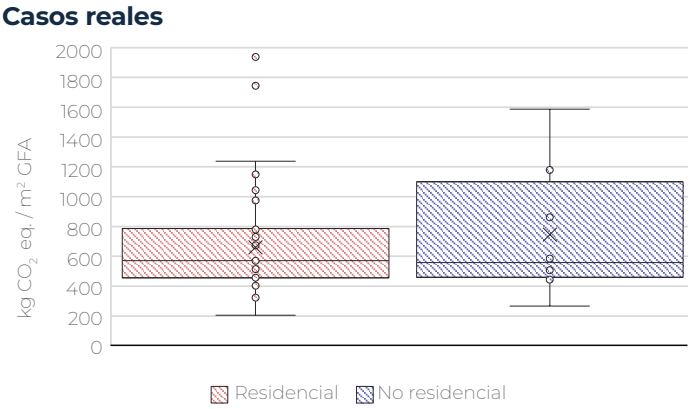


Figura 7 - Casos reales. PCG (etapas A – B- C) Kg CO2eq./m2 Sup. Const. (GFA), residenciales y no residenciales.

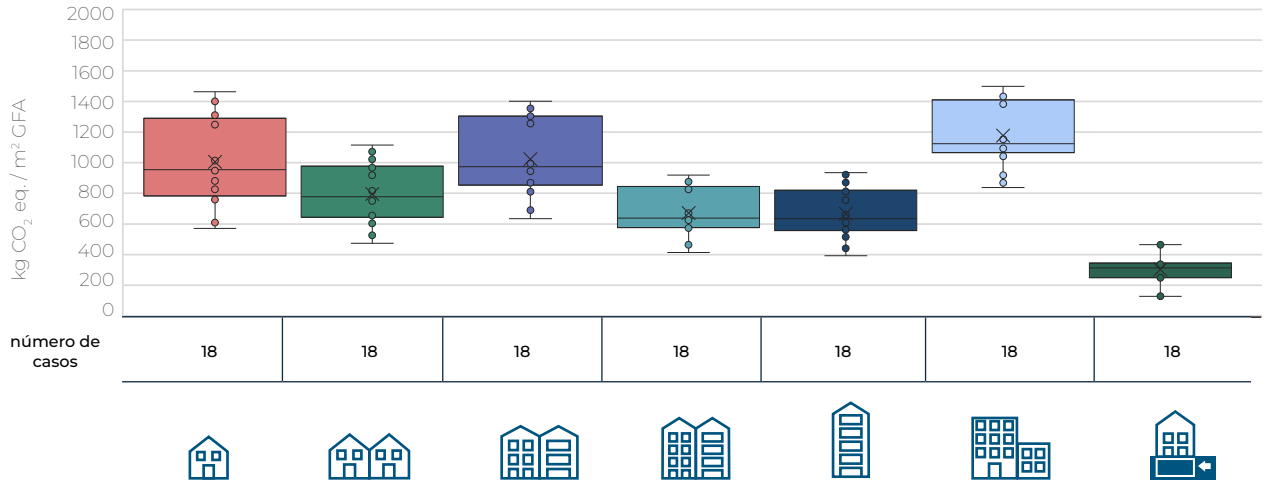


Figura 8 - Casos sintéticos. PCG (etapas A - B - C) Kg CO2eq./m2 Sup. Const. (GFA), por tipología.

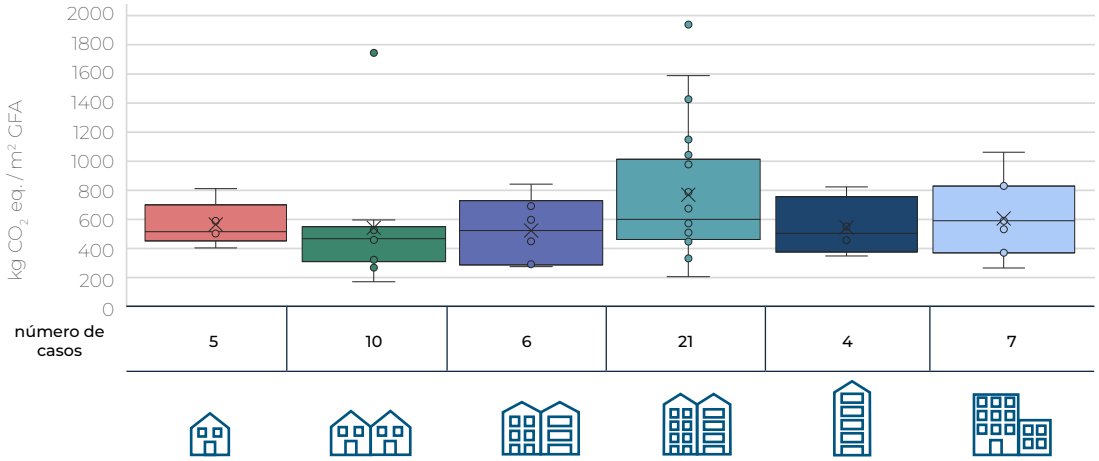


Figura 9 - Casos reales. PCG (etapas A - B - C) Kg CO2eq./m2 Sup. Const. (GFA), por tipología.

Tabla 5 - Ídem tabla 1. Resumen de valores obtenidos por tipología y tipo de caso (sintético o real)

Kg CO2 eq/m2 de superficie construida		Unifam. aisladas	Unifam. en hilera	Plurifam menos de 3 plantas	Plurifam. más de 3 plantas	Plurifam. En torre. más de 3 plantas	Oficinas	Aparcam. sótano	ACV total
Casos sintéticos	Rango (min-máx)	570- 1.463	473- 1.114	634- 1.402	413- 919	393- 935	874- 1.499	128-464	
	Valor medio	1.005	794	1.024	672	666	1.177	334	
	número de palntas	2	2	3	6	10	3	2	
	n° de casos	18	18	18	18	18	18	18	126
Casos reales	Rango (min-máx)	402-811	596-171	290-842	205-1.587	348-822	266-1.061	-	
	Valor medio	564	542	523	769	544	605	-	
	n° de casos	5	10	6	21	4	7	-	53

En los casos sintéticos, los 126 arquetipos teóricos no reflejan un comportamiento estadístico, sino que se han seleccionado deliberadamente para cubrir el espectro de posibilidades de la construcción española, de forma que cualquier ACV realizado con las mismas hipótesis y metodología resulte dentro de estos rangos. En la figura 8 es posible visualizar:

- Los valores de los arquetipos modales se sitúan en el rango medio. que corresponde a las soluciones constructivas más habituales, resistencia térmica media, ambas posibilidades de aceleración sísmica y datos genéricos por defecto (según la metodología de INIES, ver anexo).
- Los valores correspondientes a los arquetipos de máximo se sitúan por encima de este rango medio, corresponden a soluciones constructivas de mayor impacto, resistencia térmica alta, en zona con aceleración sísmica y con datos genéricos de Ecoinvent v3.10 mayorados [43].
- Los valores correspondientes a los arquetipos de mínimo se sitúan en los cuartiles inferiores corresponden a soluciones constructivas de mínimo impacto, resistencia térmica mínima, en zonas sin aceleración sísmica y elaborados con datos específicos provenientes de DAPs.

En relación con los resultados sintéticos (Fig. 8), las tipologías incluidas en este estudio no incluyen los aparcamientos subterráneos, que se han analizado como una tipología independiente. En relación con los casos reales, los resultados de los impactos generados por los aparcamientos se han incluido en algunos de los resultados totales, lo que puede ser una de las causas de la variabilidad de los resultados obtenidos. De los resultados obtenidos, el 36% de los casos reales no incluyeron el estacionamiento en los resultados totales.

En cuanto a los casos reales (Fig. 9), los resultados preliminares revelan una amplia gama de valores de emisiones de carbono generadas a lo largo del ciclo de vida de los edificios. Estos valores oscilan entre los 205 kg de CO_2eq. por m^2 a más de 1.587 kg CO_2eq. por m^2 construido. Este amplio abanico pone de manifiesto la importante variabilidad de los resultados obtenidos entre los diferentes proveedores de datos y el número de casos considerados por tipología que se indica en la tabla 5.

En la figura 9 se muestran los resultados generales de las tipologías analizadas a partir de los 53 casos reales. Los valores medios obtenidos se sitúan entre 523 y 769 kg de CO_2 eq. por m^2 construido, para todas las tipologías de edificación (residencial y no residencial). Parte de la muestra procede de edificios de nueva construcción dentro de algún esquema de certificación, por lo que sus resultados pueden no ser representativos de la realidad constructiva española. En este sentido dependiendo del esquema de evaluación para el cual se han elaborado los datos se detectan diferencias en la configuración de la vida útil de los edificios. Los resultados reflejan su armonización a 50 años.

Principales hallazgos del análisis de los datos por tipo edificatorio:

- En el caso de INDICATE-España y debido a la falta de armonización entre los casos reales, **los casos sintéticos se toma como resultados de referencia.** Los casos reales han sido de utilidad para contrastar y validar los resultados parciales de los casos sintéticos.

- Resultados de casos sintéticos: Se confirma la influencia de las características constructivas, la resistencia térmica y la incidencia de la aceleración sísmica en los resultados sintéticos y cómo, mediante el uso de variaciones de estos aspectos, se ha podido construir un rango de valores de las emisiones de carbono de ciclo de vida de los edificios construidos en España, con valores medios para todas las tipologías entre: **666 and 1.177 kg CO_2eq./m² construido (GFA).**

- Resultados de casos reales: la variación de los resultados es proporcional al número de casos considerados. La variación de los datos no está directamente relacionada con la tipología, sino con el número de casos. Los valores medios para todas las tipologías se sitúan entre **523 y 769 kg CO_2eq./m² construido (GFA).**

- Comparabilidad de casos reales vs. casos sintéticos: en eventuales desarrollos posteriores, sería de interés realizar los ACV de los casos reales con la metodología INDICATE, para profundizar en el origen de la dispersión. Las dos fuentes de datos, sintéticos y reales, tenderán a converger tan pronto como exista un método oficial armonizado y en el que se basen ambas fuentes. La procedencia de los casos reales debe ir más allá del ámbito de la sostenibilidad y abarcar todo tipo de edificios para mayor representatividad. De esta forma, se puede obtener un gráfico de cajas basado en casos reales alineados con el sintético y a la larga se puede prescindir de los datos sintéticos.

Resultados según otros equivalentes funcionales en los casos sintéticos

a) Comparación emisiones por tipo de superficie. Superficie construida (GFA), Superficie útil (UFA) y superficie calefactada (HFA)

Considerando diferentes definiciones y métricas de superficie, la figura 13 muestra la relación entre superficies construidas, útiles y calefactadas para las diferentes tipologías. Es importante establecer claramente qué se contabiliza en cada una de ellas (ver Anexo Definición de superficies).
Estos datos, corresponde a datos sintéticos realizados sobre modelos digitales de edificios reales, únicamente un caso por tipología, por lo que sería necesario recopilar más datos para establecer unos porcentajes estadísticos que reflejen la realidad. En todo caso, el análisis actual permite obtener una imagen aproximada. Los valores obtenidos para la vivienda unifamiliar aislada y en hilera presentan similares porcentajes de variación. En el caso de las viviendas plurifamiliares se observa que existe una variación entre las superficies útil y superficie calefactada, debida a las zonas comunes y espacios de servicio (ver Anexo Tipos considerados y geometrías consiedradas en Repositorio de datos web).

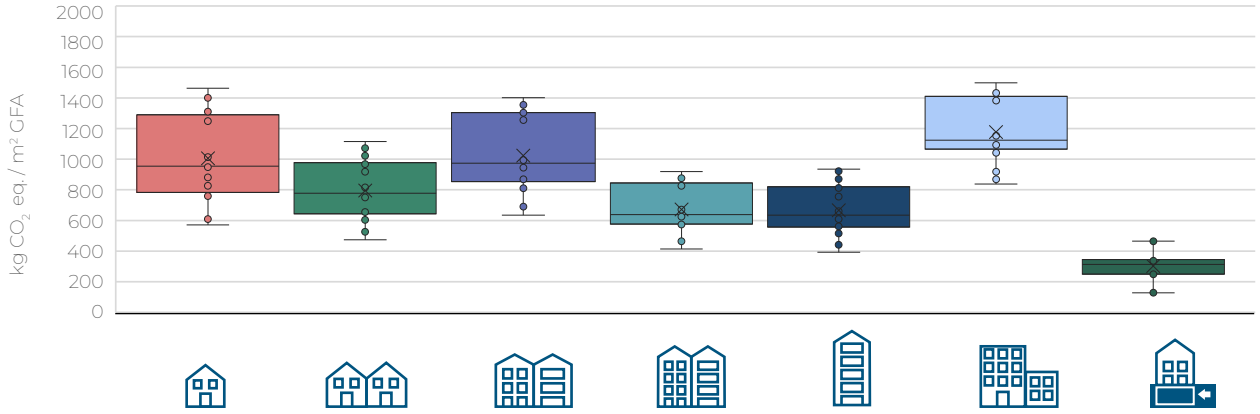


Figura 10 - ÍdemFig. 8.. Casos sintéticos. PCG (etapas A - B - C) Kg CO2eq./m2 Sup. construida (GFA), por tipología.

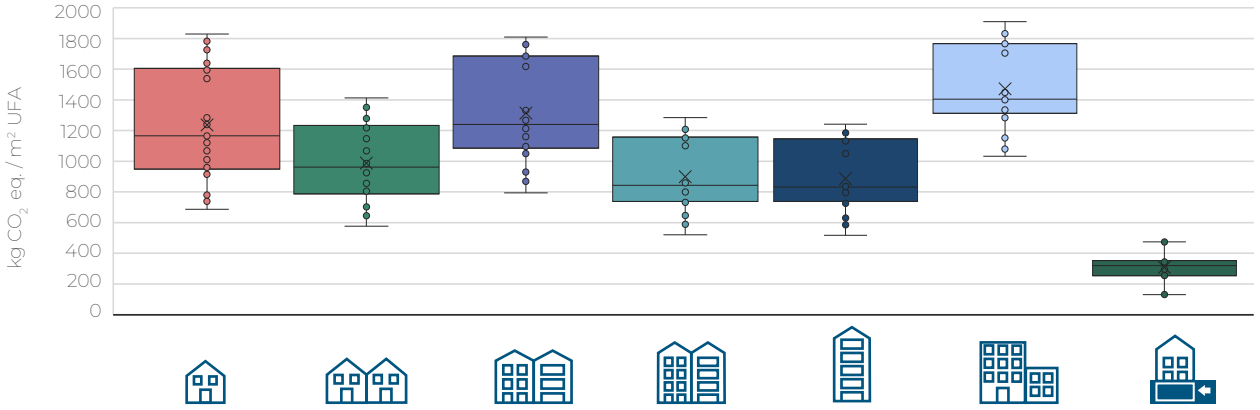


Figura 11 - Casos sintéticos. PCG (Etapas A – B- C) Kg CO2 eq./m2 Sup. útil. (UFA), por tipología.

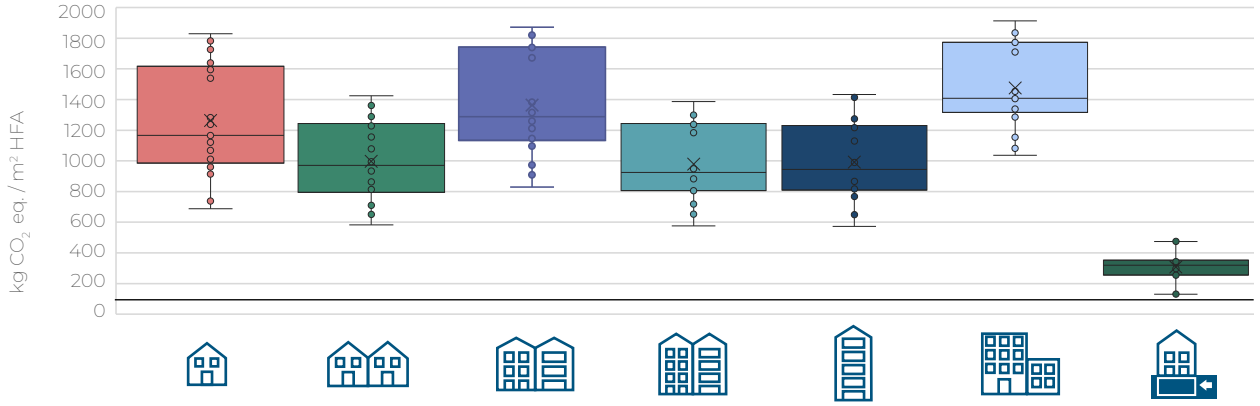


Figura 12 - Casos sintéticos. PCG (Etapas A - B- C) Kg CO2 eq./m2 Sup. calefactada (HFA), por tipología.

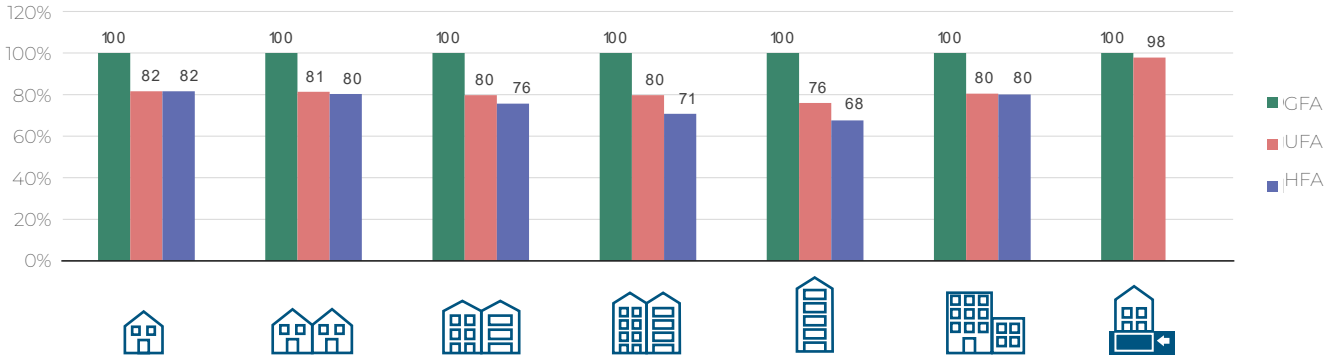


Figura 13 - Casos sintéticos. Relación entre las superficies construida (GFA), útil (UFA) y calefactada (HFA), por tipología.

b) Indicadores que tienen en cuenta la intensidad de uso

Se introduce un indicador basado en el equivalente funcional per cápita debido a la tendencia a aumentar la superficie de las viviendas para el mismo número de ocupantes. De nada serviría reducir el impacto por unidad de superficie si las viviendas son cada vez más grandes. Contar con un indicador per cápita permite incluir un indicador absoluto sin conocer o afectar a la superficie total de la vivienda.

De cara a calcular el número de ocupantes, se ha recurrido a utilizar el mismo criterio empelado en estudios similares [40]. El criterio adoptado para realizar este cálculo en los casos caso de edificios residenciales considera un ocupante por cama que se dispone en la vivienda. Para el caso de edificios de oficina el número de ocupantes se ha estimado considerando 0,1 personas por m^2 de edificio, y para el caso de los edificios de aparcamientos se ha estimado por número de plazas disponibles.

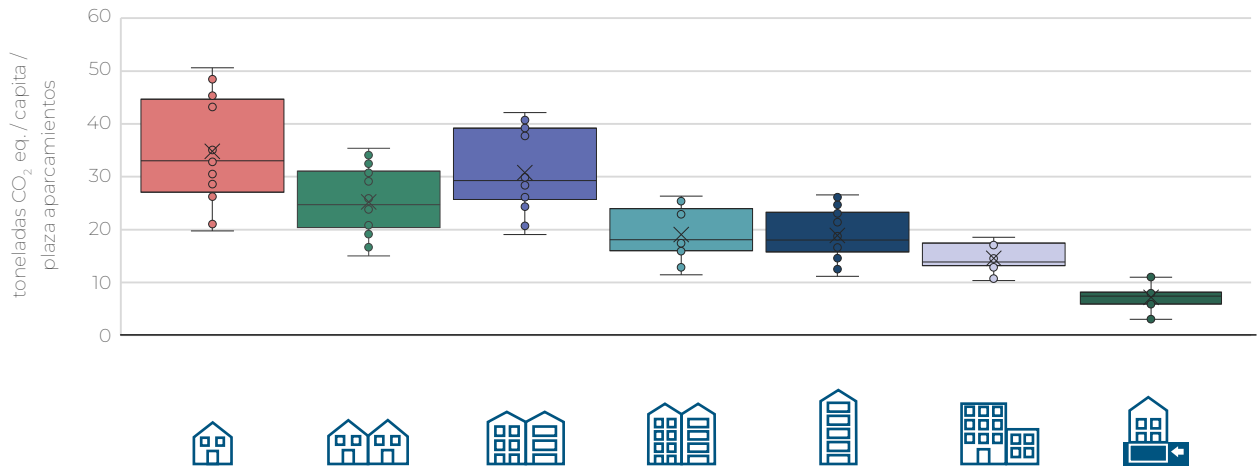


Figura 14 - Casos sintéticos. PCG (etapas A-B-C) Ton.CO2eq./per CAPITA o plaza de aparcamiento, por tipología.

Principales hallazgos del análisis de la comparativa entre diferentes equivalentes funcionales:

- Se muestra la variación existente si se consideran las diferentes superficies, lo cual dependiendo del tipo que se considere, ayuda a entender las características de éste y donde se sitúan los potenciales rangos de reducción.
- Se constata la relevancia de incluir los resultados utilizando estas tres ratios, ya que resultan relevantes para evaluar cada uno de los tipos edificatorios. (Construida o útil / calefactada / per cápita).
- Es importante que la definición de las superficies esté claramente establecida ya que las variaciones en la ratio pueden ser del orden de 20-30% entre superficie construida y calefactada, en el caso de los edificios específicos considerados.
- La inclusión de la ratio de superficie calefactada permite tener en cuenta el impacto de las zonas comunes y hacer una comparativa más justa entre tipologías.

Resultados relativos de los módulos de información del ciclo de vida y elementos del edificio

a) Emisiones de carbono por etapa del ciclo de vida

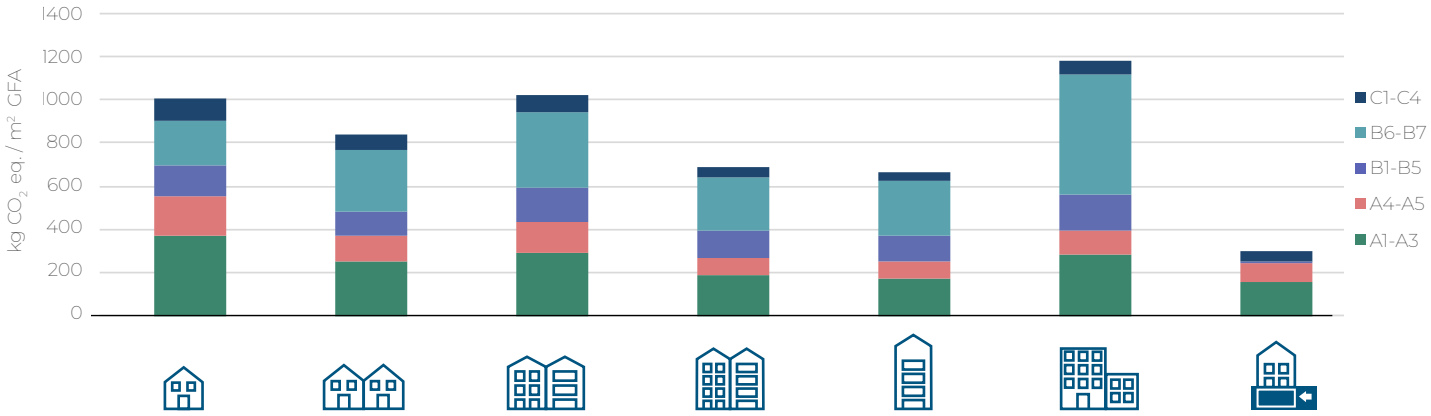


Figura 15 - Casos sintéticos. Contribución al PCG de los módulos del ACV en Kg CO2eq./m2 Sup. construida (GFA), arquetipos modales no sísmicos.

Figura 16 - Casos sintéticos. Contribución al PCG de los módulos del ACV en porcentaje, arquetipos modales no sísmicos. Relativo a GFA.

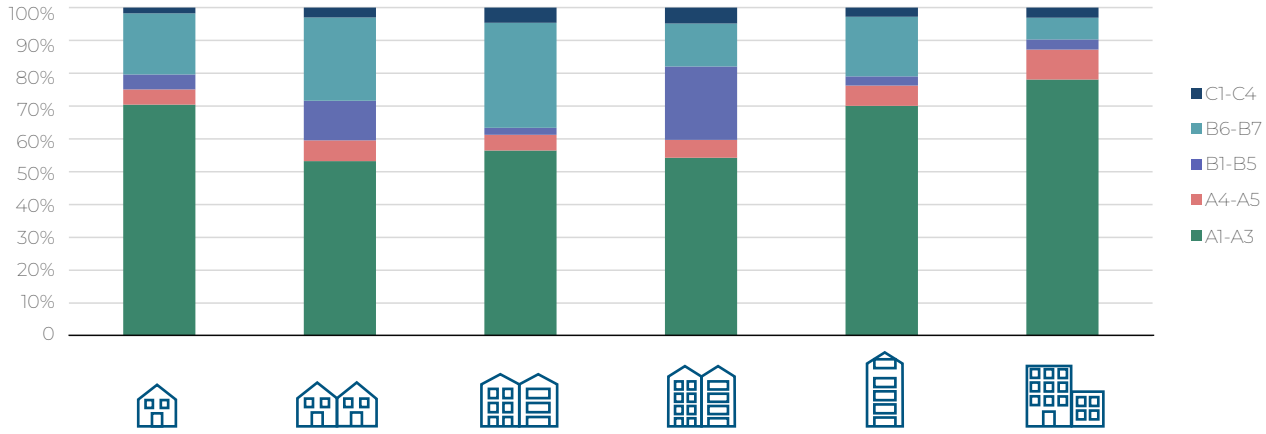


Figura 17 - Casos reales. Contribución al PCG en porcentaje de los módulos del ACV, valores medios. Relativo a GFA.

Tabla 6 - Porcentaje de inclusión de datos de impactos por etapas del ciclo de vida en los casos reales.

	A1-A3	A4-A5	B1-B5	B6-B7	C1-C4
Porcentaje de inclusión de datos	100%	100%	68%	60%	68%

Las figuras 15, 16 y 17 muestran la distribución de los impactos de acuerdo con los módulos de información del ciclo de vida de los edificios analizados. La tabla 6 muestra que las fuentes de datos existentes en el contexto de España permiten calcular al menos los módulos A1-A3, A4 y A5. Las causas de no inclusión del resto de los módulos pueden deberse a que no existen suficientes datos o hipótesis de cálculo que lo faciliten. No se han incluido los módulos A1-A5 de forma simultánea en la totalidad de los casos, es decir ciertos casos han incluido los módulos A1-A3 y el A4, pero otros casos han incluido los módulos A1-A3 y el A5. En el Anexo de datos se puede visualizar que, en los casos reales, los valores negativos en los módulos B1-2-3-4-5 responden a la captura de carbono por carbonatación de los productos cementicios (B1) y a la captura de carbono de los materiales de origen biogénico (B4). En estos últimos se constata que en ocasiones la captura de carbono en fase de producto no ha sido compensada con las emisiones en la fase final del ciclo de vida, como define la norma EN 15804 [5] (ver Anexo de datos).

b) Emisiones de carbono embebido por elemento del edificio (%)

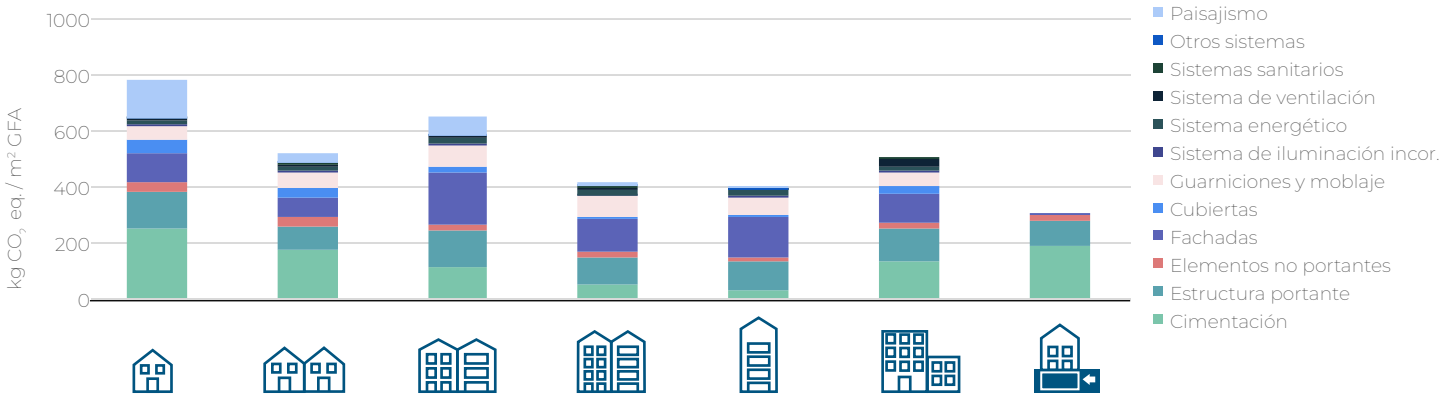


Figura 18 - Casos sintéticos. Contribución al PCG de los elementos según Level(s) en Kg CO2eq./m2 Sup. construida (GFA), arquetipos modales no sísmicos.

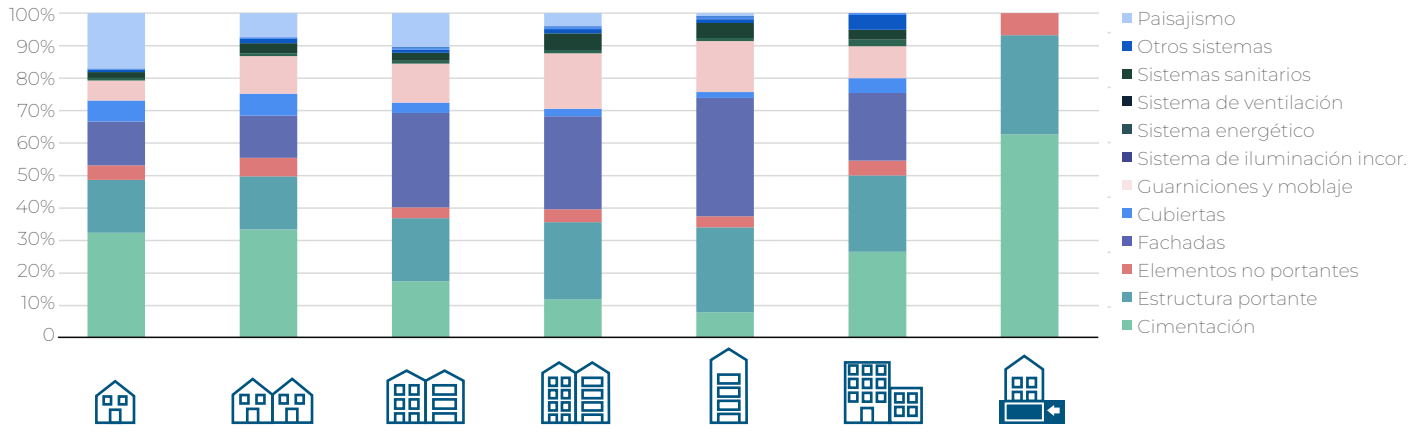


Figura 19 - Casos sintéticos. Porcentaje de contribución de los elementos según Level(s) en arquetipos modales no sísmicos. Relativo a GFA.

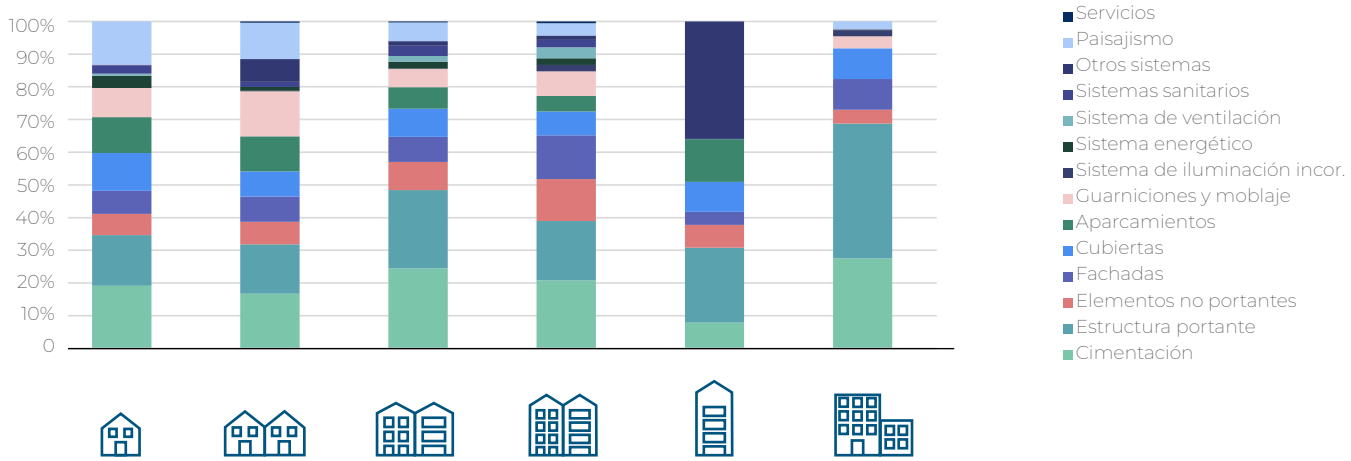


Figura 20 - Casos reales. Contribución al PCG en porcentaje de los elementos según Level(s), valores medios. Relativo a GFA.

Las figuras 18, 19 y 20 muestran los valores promedio de los elementos del edificio incluidos en el ACV. En el caso de los casos sintéticos, los valores corresponden a los arquetipos de valores medios en zonas no sísmicas; en el caso de los casos reales, los valores corresponden al promedio del total de casos considerados. Para los casos sintéticos (Fig. 18 y 19), los resultados indican que se ha considero el mismo grupo de elementos del edificio y que la variación de los resultados depende de la intensidad de materiales y de los impactos embebidos asociados a cada solución. Para los casos reales (Fig. 20), los resultados muestran diferencias en los elementos del edificio incluidos en el ACV, o que algunos de los valores obtenidos para ciertos grupos de materiales son cercanos a cero. Por ejemplo, para la tipología de torre, los resultados para acabados son casi cero, lo que probablemente indica que los materiales elegidos tienen un impacto muy bajo o no se han incluido en el ACV. Tanto los casos sintéticos como los reales muestran que los sistemas o grupos de elementos que generalmente producen los mayores impactos son los cimientos y la estructura.

Resultados del análisis del comportamiento de los datos por etapas y por sistemas:

- Tanto en los casos sintéticos como en los reales, los datos tienen un comportamiento similar, y los módulos que presentan valores más y menos elevados son similares en ambos casos.
- Tanto en los casos reales como en los casos sintéticos se puede comprobar la gran incidencia que tienen la cimentación, la estructura y la envolvente del edificio en los impactos incorporados.
- Los mayores impactos se producen en la fase de producto A1-A3, B4 y B6.
- La práctica habitual en España incluye la etapa de producto y construcción (A1-A5), que supone el pico inicial de las emisiones de carbono y que tiene una mayor incidencia.
- La desagregación de la información y su granularidad permite comparar los resultados de los casos reales y sintéticos por fragmentos comparables entre sí.

Resultados del análisis del comportamiento de las variables de diseño

Se ha llevado a cabo un análisis del comportamiento de las variables que definen los rangos por su parte superior e inferior: tres resistencias térmica posibles de la envolvente (baja, media y alta); dos resistencias mecánicas (media y alta), características en el territorio español debido a su sismicidad; tres tipos de fuentes de datos: desde los datos específicos para los arquetipos de mínimo impacto, hasta los datos genéricos utilizados para los arquetipos de máximo impacto (Ver Anexo Análisis detallado de los resultados).

Principales hallazgos del análisis del comportamiento de las variables de diseño:

- Se demuestra la influencia de las características constructivas, la resistencia térmica y la estructural y la calidad de los datos en los valores del carbono de ciclo de vida obtenidos para los resultados sintéticos.
- Se demuestra cómo mediante el uso de variaciones en estos aspectos ha sido posible construir un rango de valores del carbono de ciclo de vida de los edificios en España.
- La comparativa de impactos incorporados de la envolvente revela que los impactos incorporados de las soluciones constructivas similares no presentan mayor variación cuando se modifica los espesores de los aislamientos de los cerramientos.
- Los factores más influyentes son las características constructivas y la resistencia mecánica. El impacto de soluciones constructivas de bajo impacto sin sismicidad puede ser hasta un 80% menor frente a aquellas de alto impacto y en zonas sísmicas.

3.4 Resumen de los principales hallazgos

- Importancia de contar con un método armonizado y de mejorar la comparabilidad de los resultados.
- Valores obtenidos (ver cuadro de valores de la tabla 5), por tipología, por etapa del ciclo de vida y por elemento.
- Las combinaciones de máximo impacto pueden triplicar a las de mínimos (casos sintéticos).
- La influencia de la tipología y volumetría y de las zonas comunes.
- Necesidad de utilizar diferentes unidades funcionales para evaluar cada tipología.
- Importancia de utilizar datos específicos (DAPs).

- El tipo de solución constructiva tiene mucha incidencia en los resultados totales.
- La influencia de las zonas sísmicas en la cuantificación de los materiales que componen la estructura y en los impactos ambientales resulta significativa.
- La variación de la resistencia térmica de la envolvente para adaptarse a diferentes zonas climáticas tiene una influencia baja. Sin embargo, la adaptación al clima se refiere también a la inercia según el tipo de solución constructiva que sí es significativa.
- El impacto de los aparcamientos enterrados resulta significativo.
- Alta incidencia de las reposiciones (B4) y de sus impactos relacionados en los resultados totales.
- Importancia de los módulos A1-A3 y su implicación directa en el resultado de A4, A5, B4, C3, C4.
- La estructura y cimentación son generalmente los sistemas del edificio que mayor incidencia tienen en los resultados de impactos incorporados totales.

4. Participación de las partes interesadas

4.1 Principales partes interesadas y objetivos de participación

INDICATE-ES es un proyecto participativo, donde la metodología de co-creación facilita la aceptación de resultados, y promueve la difusión posterior.

La agenda política al principio de INDICATE-ES (principios de 2023) era muy diferente a la actual (finales de 2024), con la DEEE ya aprobada y un calendario europeo establecido. La implementación de la medición del carbono de ciclo de vida era aún distante, por lo que se decidió incluir a agentes avanzados en la metodología de ACV a nivel de edificio, en general identificados a través de la red de contactos de GBCE. Actualmente, con el horizonte puesto en 2028, los nuevos proyectos de INDICATE LIFE se encontrarán en una posición muy diferente y puede ser interesante incluir también a fabricantes y expertos en ACV a nivel de producto.

Los colaboradores constituyen **una fila cero de pioneros,** agentes del cambio, donde cada uno de ellos pone el acento en aspectos diferentes, enriqueciendo el proceso y la metodología sustancialmente y consolidando una mirada multifacética. Se han seleccionado:

- Entidades con capacidad de decisión en el desarrollo de políticas: a nivel nacional (IETcc-CSIC, responsable del código de edificación español) o de ámbito autonómico o metropolitano.
- Pioneros de la Administración Local o estrechamente relacionados con ella, para demostrar la capacidad de acción del sector público desde la Compra Publica Ecológica.
- Expertos en ACV a nivel de edificio para apoyar en el desarrollo y validación de la metodología: en general todos los colaboradores de la tarea de validación, pero especialmente consultoras, institutos de construcción y propietarios de software.
- Agentes comunicadores, con capacidad de llegar al sector y crear concienciación, como Institutos de la Construcción o asociaciones procedentes del mundo universitario o profesional.
- Proveedores de datos para garantizar el acceso.
    - Consultorías
    - Propietarios de software de ACV
- Técnicos de la Administración central (MIVAU) como observadores.

En muchos casos, estos colaboradores son impulsores de iniciativas propias de reducción del impacto ambiental de la edificación, potencialmente replicables y escalables, o que destacan por su capacidad de difusión y concienciación del sector (ver Anexo de las iniciativas).

4.2 Intereses de los colaboradores

Los intereses de los colaboradores en los resultados obtenidos son variados:

- Necesidad generalizada de referentes, que permitan valorar los resultados obtenidos en un ACV y muestren el potencial de descarbonización.
- Interés en obtener unos valores de referencia que puedan incorporar a sus respectivas actividades. Por ejemplo, GBCE valorará la posible inclusión de los resultados de INDICATE, o de sus futuros desarrollos, en el sello GBCE (VERDE) para evaluar los resultados del criterio de ACV.
- Estar al corriente de las decisiones metodológicas que pueden afectar a los valores de referencia de esta primera aproximación a una línea de base
- Capacidad para poder aportar su experiencia y punto de vista.
- Difusión de los resultados entre sus asociados, colaboradores o grupos de interés.
- Potencial aplicación futura de un posible desarrollo de INDICATE en Compra Pública Ecológica
- Interés en el desarrollo del proceso como posible punto de partida para el desarrollo de una metodología oficial (en el caso del IETcc).

4.3 Tipo de compromiso perseguido

Se ha propuesto dos tipos de participación según la tarea desarrollada. La remuneración de las tareas ha permitido una mayor implicación y compromiso por todas las partes.

- **Tarea 1. Participación en la co-creación y validación de la metodología**
  Supone la participación en múltiples reuniones de seguimiento, reuniones bilaterales por alguna aclaración, revisión de la documentación compartida y cumplimentación de dos encuestas. El seguimiento de los colaboradores del proyecto en la tarea 1 ha sido un éxito y ha permitido la creación de un grupo de trabajo consolidado. El proyecto ha servido como vínculo de conexión entre los participantes y con entidades como el MIVAU o el JRC para crear un canal de comunicación.
- **Tarea 2. Aportación de datos preexistentes de ACVs de casos reales**
  Los datos se han facilitado de forma confidencial y siempre respetando las leyes de protección de datos vigentes. Se ha limitado a ocho casos por entidad colaboradora, para propiciar el mayor número de fuentes posibles y un reparto equitativo del presupuesto disponible, permitiendo a la vez amortizar la curva de conocimiento que supone la cumplimentación de un formulario por cada edificio, basado en el formulario de KU Leuven. La limitación presupuestaria ha permitido recopilar 53 casos, sin embargo, el potencial existente para obtener más información sobre el ACV es muy alto, con muchos más casos identificados entre los colaboradores actuales o bien procedentes de esquemas de certificación. En todo caso, datos sintéticos y reales han permitido alcanzar una masa crítica de información que esperamos pueda tener un “efecto de arrastre” para atraer más datos en el futuro.
- **Superposición de ambas tareas**
  Algunos colaboradores has asumido las dos tareas simultáneamente, lo que ha supuesto una fuente de datos clave.

4.4 Sostenibilidad social del proyecto

Más allá de los socios directos del proyecto (Universidad de Sevilla y GBCE), la amplia participación de colaboraciones remuneradas ha permitido distribuir los fondos destinados a INDICATE entre más de 20 entidades. En ese sentido, el proyecto es un éxito en lo que se refiere a su sostenibilidad social. Reunir un grupo de colaboradores, tan activo en iniciativas propias de descarbonización es una fuente muy probable de futuras sinergias y contribuye a la generación de una inteligencia colectiva que puede ser de gran ayuda. Con ese objetivo se publican las iniciativas de mayor interés de los colaboradores (ver Anexo de Iniciativas).

INDICATE, ha supuesto en sí mismo un impulso a la implantación de la metodología de medición del carbono de ciclo de vida y la metodología de ACV por el interés que ha generado entre los participantes y la que se espera que produzca su difusión.

4.5 Principales preocupaciones de los grupos de interés

Tarea 1. Participación en la co-creación y validación de la metodología

- Descarbonización como causa de pérdida de durabilidad por un empeoramiento de la calidad de los productos en un proceso de descarbonización mal entendida.
- Obtención de resultados excesivamente bajos debido al desarrollo de un inventario del edificio limitado.
- La muestra de 50 casos que se planteó inicialmente fue considerada insuficiente. Esto llevó a la generación de 126 casos sintéticos o teóricos, contrastados con una muestra no armonizada de 53 casos reales facilitados por los colaboradores.

Tarea 2. Aportación de datos preexistentes de ACVs de casos reales

- Dificultad en rellenar el formulario que recoge los resultados de los ACVs preexistentes. La estructura de datos desagregados para facilitar la comparabilidad ha supuesto un reto.
- Dificultad con la cumplimentación de las superficies.

4.6 Hacer frente a los desafíos

INDICATE-ES ha demostrado la importancia de reconocer las preocupaciones legítimas de los grupos de interés y de elaborar un proceso abierto, transparente e inclusivo, accesible a todo tipo de partes interesadas, que permita desarrollar la metodología INDICATE-ES. Esto contribuye a un espíritu de colaboración, que es esencial para llegar a un consenso sobre la medición del carbono de ciclo de vida. El carácter académico y sin ánimo de lucro de los socios del proyecto ha contribuido al clima de confianza. Las características de INDICATE han permitido dar respuesta a los desafíos:

- **Basado en la co-creación.** Todos han podido expresar sus opiniones y ser escuchados, influyendo en la metodología. Se han registrado sus opiniones en las dos encuestas realizadas y en las reuniones a lo largo del proyecto. La co-creación facilita la aceptación de los resultados al haber formado parte de la toma de decisiones.

- **Abierto y perfeccionable.** Es parte de un proceso iterativo de mejora continuada, permitiendo empezar con lo que tenemos para avanzar sobre ello.
- **Transparente y trazable.** Permite hacer un seguimiento y construir a partir del trabajo realizado.
- **Automatizado.** Cualquier cambio se puede actualizar rápidamente porque es un sistema de archivos interconectados.

La presencia del Ministerio (MIVAU) como observador asegura que el proceso sea escuchado por los desarrolladores de políticas y pueda ser de utilidad.

4.7 Origen de los datos para los casos reales

La incorporación de colaboradores clave en la tarea 1 de validación, especialmente consultoras y propietarios de software de ACV, ha sido primordial para conseguir acceder a parte de los casos. Los proveedores de datos de casos reales en INDICATE-ES son:

- **Evaluadores Acreditados VERDE (EA VERDE-GBCE):** 12 edificios proceden de 4 EA VERDE. No todos los edificios están certificados con VERDE, ya que un EA-VERDE también puede auditar otros esquemas de certificación.
- **Promotoras y proyectistas:** 9 edificios proceden de 1 promotor. 2 equipos de proyecto que han aportado datos han sido sugeridos por dos propietarios de software.
- **Consultoras de sostenibilidad que trabajan con múltiples certificaciones:** 13 edificios proceden de 2 consultoras. Es conveniente trabajar con varias consultoras para cubrir todas las herramientas.
- **Propietarios de software**, que directa o indirectamente han permitido una muestra variada de todas las herramientas habituales en España: 12 edificios proceden directamente de 2 propietarios de software que han aportado datos de sus clientes.

4.8 Principales desafíos detectados en la recopilación de los datos

Desafíos relacionados con la obtención de datos sintéticos

El principal desafío ha sido cómo generar la máxima cantidad de datos representativos utilizando los mínimos recursos. El método establecido, que ha evolucionado a lo largo del tiempo con las aportaciones de los colaboradores, establece los rangos teóricos de forma eficaz a partir de 126 casos, definidos por 7 tipologías con 18 variaciones en cada uno de ellos, producto de la combinación de 3 niveles de impacto de la solución constructiva, 3 resistencias térmicas y 2 resistencias mecánicas.

Por otro lado, una de las prioridades del proyecto era la aceptación de los resultados por parte del numeroso grupo de colaboradores expertos, por lo que se ha buscado el consenso especialmente en cuatro aspectos clave que intervienen en el cálculo:

- Datos ambientales utilizados en el cálculo.

- Composición de los elementos constructivos.
- Hipótesis consideradas en las etapas más allá de la etapa de producto.
- Selección de las soluciones consideradas de impacto mínimo, máximo y modal.

Este consenso se ha conseguido mediante el seguimiento continuado del proyecto por los colaboradores en frecuentes reuniones. El resultado se considera por todos ellos un resultado válido como punto de partida y siempre en el marco del proyecto, entendiendo que se trata de un proceso iterativo de mejora continuada y que los resultados se deben afinar progresivamente. El posicionamiento de los colaboradores durante la encuesta en la fase final del proyecto se puede consultar en el anexo "Resultados de la encuesta"

Desafíos para los casos reales

El principal desafío ha sido encontrar datos representativos de la práctica de ACV en España en cuanto a variedad de herramientas utilizadas y que a la vez fuera representativos de la misma casuística que define los casos sintéticos, en cuanto a tipologías, zonas climáticas y sísmicas. Además, los casos seleccionados debían ser lo más completos posible, en cuanto a las etapas y componentes considerados, y debían guardar registro de sus cálculos para poder rellenar una hoja de cálculo basada en la proporcionada por KU Leuven.

El éxito del proceso ha sido incluir en el grupo de colaboradores que han co-creado la metodología a los potenciales proveedores de datos o con contactos que han permitido llegar a ellos. El proceso ha implicado: la identificación proveedores de datos reales y del tipo de datos que poseen mediante un formulario que ha permitido seleccionar los casos más representativos; según variedad de herramientas, zonas climáticas y sísmicas y tipologías de edificios. Se ha limitado a ocho casos por proveedor para una mayor representatividad. El número de casos identificado es muy superior al finalmente seleccionado. Posteriormente ha sido necesario un seguimiento continuado para una comunicación efectiva respecto a los datos necesarios y cómo compilarlos y para el cumplimiento de plazos.

5. Beneficios de la medición del carbono de ciclo de vida y de contar con valores de referencia

5.1 La medición del carbono de ciclo de vida como oportunidad para desatar la innovación y la competitividad

El Pacto Verde Europeo promueve el crecimiento verde para Europa, basado en la competitividad y la innovación sostenible. Los cambios sistémicos que producirá la DEEE puede suponer una ventaja competitiva para aquellos que primero se adapten a la nueva realidad.

- Profesionales formados en BIM y ACV.
- Equipos técnicos que apuesten por la sostenibilidad con un enfoque de ciclo de vida en sus proyectos
- Constructores que comprendan el alcance del cambio y puedan adaptarse al modelo descarbonizado.
- Promotores que primero declaren el carbono de ciclo de vida de sus promociones ligado a su certificado de eficiencia energética (CEE).
- Fabricantes que sean los primeros en elaborar sus DAPs puesto que los datos específicos disminuyen el resultado de los cálculos de impacto y serán priorizados en la prescripción técnica.
- Fabricantes cuyos productos apuesten por la descarbonización

5.2 Beneficios de contar con valores de referencia

Contar con una línea base de referencia permite entender dónde estamos y dónde podríamos llegar. INDICATE ha puesto la primera piedra para llegar a definirla.

Responsables políticos

- Anticipar el impacto del sector de la edificación dadas sus previsiones de crecimiento y evaluar en qué medida sería necesario limitar las emisiones.
- Estimular la rehabilitación por comparación con el impacto de la obra nueva.
- Plantear políticas de descarbonización e identificar aquellas medidas con un potencial mayor. Dado que INDICATE es un marco de cálculo flexible, un desarrollo posterior podría llegar a servir de herramienta de simulación del impacto de diferentes políticas.

Promotoras públicas y privadas

- Incorporar la sostenibilidad como estrategia de posicionamiento de mercado.

- Apoyo al reporte no financiero y la taxonomía.
- Reducción de las emisiones de alcance 3 de su actividad.
- En Compra Publica Ecológica, contar con una línea de base facilita la aplicación de exigencias por encima de las requeridas para el sector privado. Esto puede ayudar a generar demanda de productos y edificios descarbonizados, estimular el mercado y servir de ejemplo.

Practicantes de ACV (consultorías, proyectistas, etc.)

- Referencia objetiva para valorar la huella de carbono del proyecto frente al mercado y la posibilidad de mejora.
- Apoyo a la toma de decisiones de proyecto. Identificación de las soluciones con mayor potencial de descarbonización.

Fabricantes

- Valoración de la influencia de sus productos en los valores de referencia.
- Impulso a la descarbonización de sus productos.
- Impulso a la mejora de datos y elaboración de DAPs.

Financieras

- Favorecer la referencia de inversión para banca y fondos de inversión.
- Desarrollo de productos financieros para proyectos de bajo impacto ambiental, como hipotecas verdes.

Responsables de la capacitación del sector

- Interiorización de un orden de magnitud que pueden transmitir al sector.
- Permite contar con una metodología abierta y transparente que pueden utilizar como recurso educativo.

6. Recomendaciones

Todos los agentes de la cadena de valor deberán ponerse en marcha y hacerlo desde la colaboración, asumiendo la responsabilidad como sector para dar respuesta al doble reto de proporcionar viviendas asequibles dentro de los límites planetarios, alcanzando la descarbonización del sector.

6.1. Recomendaciones para responsables políticos en España

Consideraciones previas

Como hemos visto, el Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana (MIVAU) propone implantar para 2026 una metodología de ACV que posiblemente incluya la declaración obligatoria de A1-A3 (etapa de producto) y B4 (sustitución) para determinados elementos del edificio, e incorporando valores por defecto o una declaración voluntaria, para el resto de los módulos y elementos. Se está además trabajando en el desarrollo de un primer listado de datos genéricos por defecto, que se publicará a lo largo de 2025. Este planteamiento inicial da respuesta acertadamente a varias necesidades:

- **Es necesaria una metodología armonizada para mejorar la comparabilidad y mostrar el potencial de descarbonización.** Es posible descarbonizar los edificios incluso sin un método de ACV oficial, por ejemplo, comparándose con otros ACVs realizados con la misma metodología, analizando la evolución respecto de edificios anteriores o respecto de un edificio de referencia o frente a valores dados por una certificación de sostenibilidad. Sin embargo**, sólo una metodología armonizada oficial asegura la comparabilidad**. Metodologías con diferentes alcances y exhaustividad imposibilitan la comparabilidad entre ACVs y **dan lugar a agravios comparativos que desincentivan el rigor y generan desconfianza en la metodología de ACV.** La metodología INDICATE para casos sintéticos ofrece un marco comparativo en ausencia de un método oficial y señala los aspectos que la metodología oficial deberá definir, ofreciendo una propuesta viable. Al ser un método abierto y perfeccionable puede adaptarse a una futura metodología oficial y recalcular automáticamente sus resultados.

- **Es necesario un equilibrio en la definición del alcance del ACV.** Sólo una metodología de la cuna a la cuna evita el desplazamiento oculto de cargas entre etapas y permite mostrar las fortalezas de cada sistema constructivo, que se reflejan en diferentes módulos del ciclo de vida. Esto facilita una descarbonización flexible que incluya a toda la industria. Con la obligatoriedad de calcular únicamente la etapa de producto (A1-A3) y sus reemplazos (B4), incluyendo valores por defecto para el resto de módulos, se consigue incluir los aspectos más maduros y sencillos de la metodología sin perder las visión completa del ciclo de vida. A su vez, permite tener en cuenta el valor temporal del pico inicial de carbono en A1-A3.
  Sucede lo mismo con los componentes del edificio. Al ser obligatorio el cálculo de aquellos con un mayor impacto e incluir valores por defecto para el resto, se rebaja la dificultad de implantar la medición de la huella de carbono del edificio.

- **Descarbonización flexible.** No hay una solución constructiva mágica, un sistema o producto que pueda por sí solo dar respuesta al objetivo de descarbonización. Es necesario implicar a toda la industria de la construcción para alcanzar los objetivos con flexibilidad. Muchos fabricantes están implementando medidas de descarbonización impulsados por la ley del clima y la agenda europea. El ACV de la cuna a la cuna permite reflejar distintas estrategias:

- Baja energía embebida en su fabricación y/o construcción.
- Capacidad de almacenamiento temporal del carbono.
- Capacidad de reutilización o reciclabilidad (edificio como banco de materiales).
- Durabilidad, dentro de los límites del sistema (menos reemplazos) y más allá de éstos.
- Bajos requisitos de mantenimiento.
- Degradabilidad y bajas emisiones al descomponerse.

- **Es importante reducir el pico inicial del carbono debido a su valor temporal.** En la etapa de producto (A1-A3) se produce un pico de carbono incluso antes de que el edificio se ocupe (Fig. 15 y 16). El valor temporal implica que el carbono evitado hoy tiene más valor que el evitado en el futuro. Reducir su impacto permite ganar tiempo para aplicar políticas de mitigación y adaptación. Por otro lado, A1-A3 genera menos incertidumbre por depender de datos del fabricante, no basados en hipótesis. Además, existen más datos disponibles al ser etapas obligatorias en la elaboración de DAPs.
- **Es importante centrarse en aquellos elementos del edificio con mayor impacto.** El planteamiento del MIVAU incluirá la declaración obligatoria para determinados elementos y para el resto se introducirán valores por defecto. La cimentación, la estructura y las fachadas tienen mucho peso. También los acabados, debido sobre todo a los remplazos en B4 (Fig. 18 y 19).
- **Es necesario contar con una base o un listado de datos ambientales genéricos por defecto** ya que:
  - Muchas familias de productos carecen de DAPs. El proceso de redactar las normas armonizadas necesarias para la elaboración de las DAPs de todos los productos puede alargarse muchos años, y puede suponer mayores dificultades para los productos más innovadores.
  - En las etapas iniciales de proyecto siempre es de utilidad contar con datos genéricos que permitan una rápida comparación entre diversas soluciones.
  - Incluso si existen DAPs que aporten datos en A1-A3, el resto de los módulos deben poder completarse para realizar un ACV completo. Se ha de tener en cuenta que la versión A1 de la norma EN 15804 para la elaboración de DAPs obligaba a declarar únicamente A1-A3, y la actual versión A2 obliga, salvo excepciones, a declarar A1-A3, C1-C4 y D.
  - El MIVAU publicará un listado de datos ambientales genéricos por defecto a lo largo de 2025 y ha contado para ello con el apoyo de la Universidad de Sevilla.
- **Necesidad de capacitación del sector.** La difusión es clave para generar demanda en la formación de ACV. Es necesaria una labor por parte de la administración central para dar a conocer la cercana obligación de medición de la huella de carbono ente todo el sector. En ese sentido, el MIVAU ha presentado el proyecto **“ARCE 2050, Arquitectura Cero Emisiones”** para acelerar la descarbonización del parque inmobiliario español e informar de todo el proceso. Será accesible desde: https://www.mivau.gob.es/arquitectura-edificacion

Al margen de este planteamiento inicial del MIVAU, ya en desarrollo, se plantean las siguientes

recomendaciones para el desarrollo de la contabilidad del carbono de ciclo de vida que impulse de forma eficaz la descarbonización.

Recomendaciones para la definición de la metodología de ACV

Prioridades que se deben abordar

A corto plazo:

- Diseño de una estrategia de comunicación y difusión de las acciones regulatorias en materia de descarbonización del sector de la construcción.
- Diseño y publicación de la metodología armonizada oficial de ACV, de la cuna a la cuna, que permita poner en valorar las fortalezas respecto a la descarbonización de los productos de construcción.
- Incentivar las políticas que permitan destacar el valor temporal del carbono de la etapa de producto.
- Impulsar las políticas de mantenimiento del valor de los recursos utilizados, según los principios de la Economía circular.
- Elaboración de un listado de datos genéricos por defecto y su posterior mantenimiento, revisión y ampliación que permita conexión mediante API con las herramientas disponibles.
- Consolidación de un grupo de trabajo que ayude a la definición paulatina de la metodología y a la inclusión de límites.

A largo plazo:

- Creación de la infraestructura de datos para almacenar y monitorizar datos de carbono de ciclo de vida de edificios que permita hacer un seguimiento de la evolución del proceso de descarbonización.
- Elaboración de una hoja de ruta nacional para la descarbonización del sector de la edificación en España con el fin de cumplir con el mandato a este respecto de la DEEE. El proyecto europeo BUILDING LIFE, del que GBCE es socio, trabaja precisamente en este sentido. Disponible en: https://gbce.es/proyectos/building-life/

1. Definición y difusión de una metodología oficial que incentive y permita valorar sin ambigüedades la retención del valor de los recursos, prioridad de la economía circular.

Tal como muestra el alto impacto en la etapa de producto (Fig. 15 y 16), el mantenimiento del valor de los recursos ya empleados en los componentes del edificio y del edificio mismo, es una estrategia clave para la descarbonización y constituye uno de los principios fundamentales de la economía circular.

a) Mantenimiento del valor en el sistema del propio edificio. Durabilidad.
Tal como han expresado los colaboradores repetidas veces a lo largo del proceso, la descarbonización no puede ser una excusa para la pérdida de calidad y durabilidad de la edificación. Una metodología oficial deberá considerar claramente las ventajas de la durabilidad:

- Componentes de vida útil inferior a 50 años: mejorar su durabilidad supone menos reposiciones en B4 (sustitución).
- Componentes de vida útil superior a 50 años: debe valorarse adecuadamente, tal como se establece en la norma EN 15978 o en su próxima revisión, prevista para mediados de 2025.

b) Mantenimiento del valor más allá del sistema. Edificio como banco de materiales. Los edificios se diseñan para ser desmontados y sus elementos se reutilizan, refabrican o reciclan en otros edificios, priorizando la mayor retención de valor. La obsolescencia funcional o estética, se produce con frecuencia antes que la obsolescencia física. La desmontabilidad facilita una vida más allá del sistema y reduce el impacto de las reformas. La adaptabilidad reduce la obsolescencia funcional. La ausencia de tóxicos y el mantenimiento de la identidad de los materiales facilita su recirculación. Una metodología oficial deberá considerar las ventajas del edificio como banco de materiales.

- Los beneficios en el edificio de origen son emisiones negativas en D, más allá el sistema.
- Los beneficios en el edificio receptor son emisiones que dejan de contabilizarse en A1-A3.
- Los tratamientos necesarios para la recuperación se contabilizan como cargas o emisiones positivas en D, que coinciden con las emisiones en A1 del edificio receptor (procesado de materiales secundarios).
- Para evitar la doble contabilidad, el módulo D se debe dar siempre por separado.

2. Inclusión en la reglamentación de indicadores múltiples, basados en diferentes Unidades Funcionales, para una mejor comprensión del comportamiento de los edificios.
Identificar la unidad funcional adecuada es clave. Como hemos visto, el impacto por unidad de superficie construida/útil del edificio, útil de las viviendas o per cápita, proporciona información valiosa acerca de las diferentes tipologías y su intensidad de uso. El estándar que define la superficie ha de estar claramente indicado y se deberá decidir sobre qué indicador o indicadores se aplicarán futuros límites.

a) Indicador relativo por unidad de superficie (construida o útil) - $KgCO_2eq/m^2$ - facilita la comparabilidad entre sistemas constructivos y permite conocer el impacto de todo el edificio conociendo la superficie total. Sin embargo, dificulta la comparabilidad entre tipologías, siendo necesario asignar la parte proporcional de las zonas comunes para poder comparar entre tipologías de viviendas. La variación entre el impacto por unidad de superficie construida o útil puede variar del orden de 20-30 % según la tipología (Fig. 10 y 11). Para seleccionar el indicador principal de superficie, útil o construida, se pueden tener en cuenta las referencias de otros estudios internacionales (Ramboll [38], CO2mpare [49], etc.), y se deberá hacer un seguimiento de las directrices de Level(s) en cuanto a si se adaptará el estándar IPMS en los resultados que se comuniquen. Por su parte, la DEEE utiliza la referencia de superficie útil (mayor de 1.000 m2) para la obligación del reporte a partir de 2028.

b) Indicador relativo de impacto por superficie calefactada - $KgCO_2eq/m^2$ HFA (Fig. 12), permite comparar más fácilmente el impacto entre viviendas de diferentes tipologías al repercutir el impacto de las zonas comunes interiores sobre la superficie de las viviendas.

c) Indicadores per cápita. Dada la tendencia a viviendas cada vez mayores, con más superficie por habitante, un indicador relativo a la unidad de superficie puede ser insuficiente, dificultando una descarbonización real y efectiva. Un indicador de $KgCO_2eq$/per cápita (Fig. 14) puede impulsar la eficiencia en el uso del espacio y permite incluir un indicador absoluto sin necesidad de regular en la superficie total de las viviendas.

d) Indicadores específicos para zonas concretas de alto impacto. Los aparcamientos en sótano tienen un alto impacto (Fig. 8). Las zonas exteriores pavimentadas tienen un impacto muy elevado debido a los remplazos (Fig. 18 y 19) y las grandes promotoras tienden a incrementar estos espacios. Por ello se recomienda la introducción de algunos indicadores específicos para estas zonas:

- **Zonas exteriores** - $KgCO_2eq/m^2$ superficie exterior-. Puesto que el impacto de estas zonas disminuye al ajardinar convendría incluir en paralelo un indicador de consumo de agua de riego.
- **Zonas de aparcamiento** - $KgCO_2eq/m^2$ aparcamiento- cuya limitación incentive diseños de menor impacto e impulse la movilidad sostenible y la menor dependencia del coche privado. Su reporte por separado facilita además la comparabilidad entre tipologías.

3. Introducción de alertas de consistencia y de resultados. Uso de Inteligencia Artificial.
La utilización de alertas basadas en la consistencia de los resultados y en la proporcionalidad y simetría entre los diferentes módulos puede servir de control de calidad y de ayuda a los practicantes de ACV. La IA y la introducción de las matemáticas avanzadas para relacionar variables es una herramienta eficaz para analizar la corrección y coherencia de los resultados y abre un nuevo campo de estudio, que ya se ha empezado a aplicar en INDICATE-ES. Por ejemplo, destaca la simetría entre:

a) A5 (construcción) y C1 (deconstrucción).

b) Transporte en construcción (A4) y C2 (transporte de residuos).

c) Etapa de producto (A1-A3) y el tratamiento de residuos y eliminación (C3-C4).

d) Considearación del carbono biogénico, en A1-A3 y en C3.

4. Necesidad de crear un repositorio de datos a nivel de edificio.
En España, la gestión de datos de ACV a nivel de edificación se propone a nivel autonómico junto con el Certificado de Eficiencia Energética (CEE), pero es necesario crear mecanismos y acuerdos entre administraciones para completar un repositorio con datos de ACV a nivel de edificación. El geoportal que actualmente recoge los datos del CEE puede ayudar a recopilar también información del carbono de ciclo de vida. Los datos recopilados, permitirán comprender mejor el comportamiento de los edificios para:

a) Afinar los valores por defecto para las etapas y componentes no obligatorios en el reporte de carbono en el nuevo DB-SA del CTE a partir de 2026.

b) Ajustar la línea de base de los valores de referencia que define el comportamiento del parque edificado, y completar los datos de INDICATE u otros proyectos paralelos, ayudando a definir la hoja de ruta de futuros límites.

c) Detectar y completar las alertas de consistencia del ACV.

5. Mantenimiento, actualización y ampliación del listado de datos genérico por defecto.
Es urgente contar con un listado de datos genéricos por defecto para poder empezar a medir cuanto antes, pero también que los valores por defecto estén correctamente mesurados. Aunque a corto plazo será más importante la coherencia interna que la exactitud del dato, será necesario afinar los datos progresivamente. Esto será posible a medida que vaya habiendo más ACVs de edificios y más DAPs de productos. Por otro lado, los productos más innovadores, que puedan tener mayor dificultad en el desarrollo de sus DAPs, deberían estar representados en esta base genérica.

Una eventual continuación de INDICATE-ES podría contribuir al desarrollo y análisis de nuevos datos que permitan afinar los valores por defecto. Además, la investigación podría ampliarse a otras zonas geográficas, diferentes tipologías o análisis parciales de los sistemas que componen el edificio, entre otros aspectos. Desde INDICATE-ES, se ponen a disposición las hipótesis utilizadas en el proyecto (ver vinculo al repositorio en la contraportada), facilitando su integración en nuevos desarrollos. Esto permitirá, por ejemplo, canalizar el desarrollo de aspectos específicos a través de programas de doctorado.

6. Mejorar la información de los elementos y sistemas que suponen un mayor impacto.
Según vemos en las figuras 18 y 19, el impacto de las instalaciones es relevante, sin embargo, existe poca información al respecto por lo que se recomienda impulsar la mejora de estos datos.

7. Programa de uso sobre el que se aplicará la aplicación temprana de la DEEE.
El objetivo de empezar a medir a partir de 2026 es recopilar datos para establecer una hoja de ruta que incorpore limitaciones progresivas a partir de 2030. Según la directiva, estas limitaciones se aplicarán a todos los nuevos edificios, comenzando en 2028 por aquellos mayores de 1.000 m2 útiles. Recomendamos una implantación progresiva de la directiva, aprovechando la implantación temprana en España en 2026 para aplicar unos límites algo superiores durante el periodo previo, que permita una capacitación progresiva del sector. En cuanto a las renovaciones, se recomienda poner en marcha un proceso de análisis similar al que se ha llevado a cabo en INDICATE.

8. Inclusión progresiva y anunciada de otros indicadores de impacto.
Comenzar por la contabilidad del carbono simplifica la implantación inicial de la metodología de ACV, especialmente por la dificultad de elaborar datos ambientales genéricos por defecto, para el conjunto de indicadores de la norma. Sin embargo, se recomienda:

- **Comunicar** desde un principio la intención de introducir gradualmente otros indicadores, informando de su importancia para permitir que el sector los interiorice y se involucre.
- **Evitar** que los fabricantes causen un impacto oculto a través de sus esfuerzos de descarbonización. Por ejemplo, la incineración de residuos como estrategia de descarbonización puede generar emisiones tóxicas según qué tipo de residuos se incineren.
- **Priorizar** la introducción de indicadores que informen del consumo y contaminación de agua en todo su ciclo de vida, e incluso limitar su consumo en la etapa de uso, dado el alto riesgo de desertificación en España (74% del territorio).

9. Puesta en marcha de un proceso de co-creación para definir la hoja de ruta que incluya valores límite progresivas.
Se recomienda que, llegado el momento, las decisiones se tomen de forma consensuada en un proceso de co-creación como el seguido con INDICATE-ES. La consolidación de un grupo de colaboradores establecido en el proceso actual se considera uno de los principales logros del proyecto. En etapas posteriores convendría incluir a otros grupos de interés, especialmente fabricantes, financieras, promotoras, etc.

Recomendaciones a responsables políticos para la descarbonización del sector

Prioridades que deben abordar

A corto plazo:

- Analizar la disponibilidad de DAPs por tipos de producto y apoyar la generación y actualización de DAPs mediante programas de subsidios, financiación o incentivos fiscales.
- Fomentar la innovación y apoyar especialmente a las PYME que desarrollan productos innovadores descarbonizados.
- Fomento de la renovación de edificios como estrategia clave de descarbonización.

A largo plazo:

- Revisión de la planificación urbanística desde una óptica de descarbonización.
- Fomento a la movilidad sostenible que reduzca la dependencia del coche privado y, por tanto, la necesidad de aparcamientos en los edificios.
- Apoyo y fomento de la innovación en productos de construcción de origen biológico, subproductos de la actividad rural, que apoyen el desarrollo del sector primario en la España vaciada y favorezcan la cohesión territorial.

1. Apoyo al desarrollo de datos a nivel de producto (DAPs) y a la innovación. Según vemos en el Anexo, una de las estrategias básicas para la reducción del valor de la huella de carbono de la edificación es el uso de datos de mayor calidad. Por ello, el simple hecho de contar con una DAP ya supondrá una ventaja competitiva para los fabricantes. Pero no se trata únicamente de una reducción contable, sino que mejores datos suponen una descarbonización más efectiva.

- La obtención de una imagen más definida del impacto del parque edificado puede hacer más eficaz la aplicación de políticas y estrategias de descarbonización.
- La elaboración de DAPs ayudará a los fabricantes a la descarbonización progresiva de sus productos y otorgará ventaja competitiva a aquellos más descarbonizados.

Es importante que las administraciones brinden apoyo a través de programas de subsidios, financiación o incentivos fiscales para la generación y actualización de DAPs.

Es conveniente dar un apoyo especial y prioritario a aquellos fabricantes que desarrolla productos y sistemas innovadores que reducen el impacto de la construcción, especialmente PYMEs. La innovación da respuesta a nuevos retos, en este caso al reto de la descarbonización.

INDICATE-ES ha utilizado 133 DAPs, pero se ha detectado que la mayoría de ellas son de acabados. Sería conveniente identificar aquellas familias de productos con mayor deficiencia de DAPs e implementar programas de apoyo específicos, por ejemplo, madera aserrada, membranas impermeabilizantes y otros.

2. Diseñar normativas e instrumentos políticos para incentivar la reducción del pico inicial de carbono en la fase de producto (A1-A3).
Se recomienda incentivar los productos de baja huella de carbón, con el apoyo a los fabricantes e investigadores en el desarrollo de productos innovadores a través de mecanismos de apoyo:

- Al desarrollo e impulso a las hojas de ruta existentes de descarbonización de los productos.
- La innovación en productos bio y geo-basados; economía circular, digitalización, industrialización, etc.

3. Apoyo a los productos de base biológica para el apoyo rural y la cohesión territorial en una economía circular.
Los productos de construcción de base biológica fabricados a partir de subproductos de actividades agrarias o ganaderas son un ejemplo de la innovación que puede desatar la revisión de DEEE. Son productos de baja energía de fabricación y dan lugar a otros co-beneficios. En el marco de una economía circular, que no compite con la seguridad alimentaria sino que la refuerza, estos productos generan valor añadido en la España vaciada y suponen una oportunidad para la cohesión territorial y el desarrollo rural de estos territorios. Subproductos como los derivados de lana de oveja, la paja de arroz u otros cereales, o las virutas de madera obtenidas de la limpieza de montes o podas agrícolas, pueden contribuir a generar empleo en territorios rurales.

Por otro lado, el freno al éxodo rural contribuye a disminuir la inadecuación geográfica de las viviendas desocupadas y contribuye a disminuir la crisis de oferta de vivienda en España.

4. Priorizar la renovación de los edificios y la retención de valor de lo ya construido.
La urgencia climática y la necesidad de vivienda hacen necesario un cambio de mentalidad que tienda a la retención de valor de lo ya construido y a aprovechar la inversión de carbono ya realizada en el parque existente.

- Las emisiones evitadas de la etapa de producto y construcción de la obra nueva son muy altas y tienen un alto valor temporal que induce a priorizar la renovación. Un ACV permitirá valorar objetivamente el beneficio de la reducción de impacto en A1-A5 frente al impacto de la rehabilitación (B5) (Fig. 15 y 16).
- Mejorar la durabilidad de los componentes y soluciones constructivas y el buen estado de la estructura favorecerá la capacidad de renovación. Es recomendable incentivar estos aspectos en lo posible desde la normativa.
- El diseño para la adaptabilidad y desmontabilidad minimiza la obsolescencia funcional, causa del derribo de muchos edificios antes de alcanzar el final de su vida útil. Su inclusión en el CTE favorecería la retención de valor (indicadores 2.3 y 2.4 del marco Level(s)).

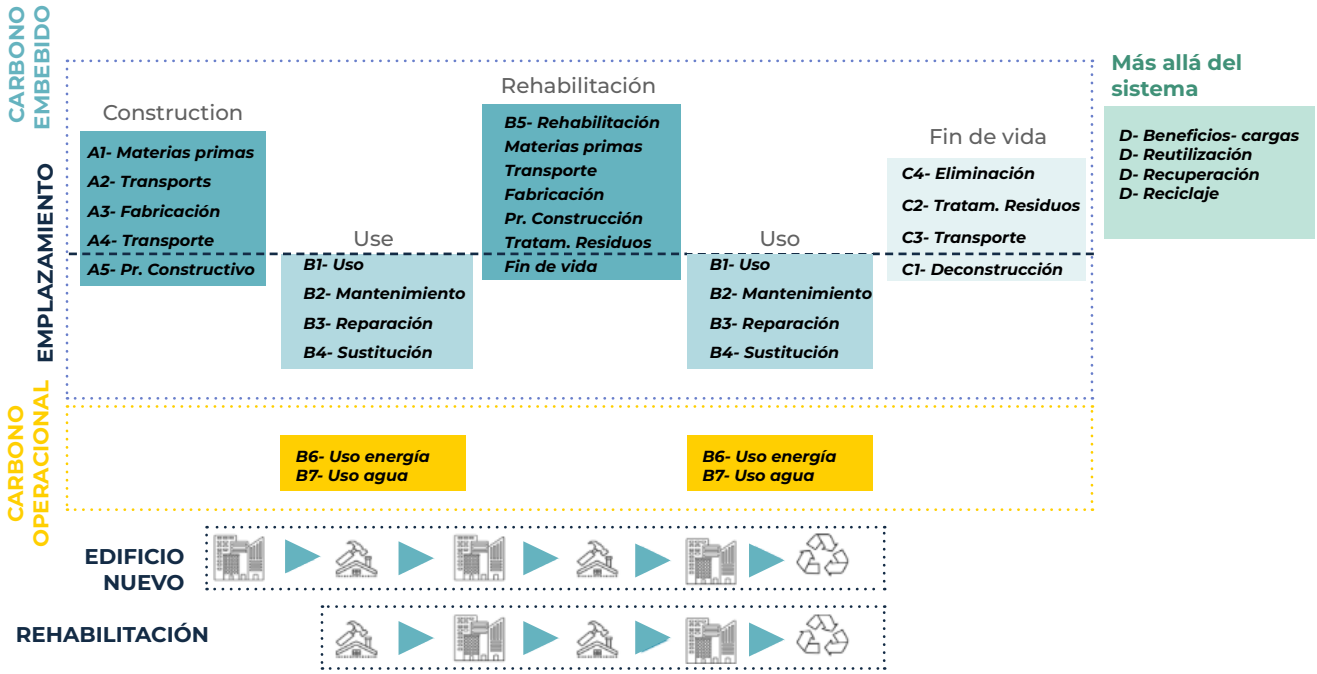


Figura 21 - Representación del carbono de ciclo de vida para la nueva edificación y la edificación existente. Fuente: Building Life, basado en la UNE-EN 15978

5. Revisión de la planificación urbana y la movilidad en clave de descarbonización.
La planificación urbana tiene un gran impacto sobre la descarbonización de los edificios, según muestra la variabilidad de resultados obtenidos para distintas tipologías por superficie (Fig. 10, 11 y 12) y per cápita (Fig. 14).

- En el caso de la vivienda unifamiliares, las viviendas en hilera tienen menor impacto por m2 que las aisladas. En el caso de las plurifamiliares, los edificios de mayor altura tienen menor impacto relativo que las de menor altura. Si observamos el impacto per cápita, las unifamiliares aisladas tienen mayor impacto que las plurifamiliares. La planificación urbanística deberá tener estos aspectos en cuenta.
- Los sótanos de aparcamiento, constantes en nuestras ciudades dependientes del transporte privado, tienen un impacto muy alto (Fig. 8). Es necesario reconsiderar alternativas. El desarrollo urbano orientado al transporte público y a la movilidad sostenible disminuye la dependencia del vehículo privado y la necesidad de aparcamientos en el propio edificio. En todo caso, se recomienda replantear la configuración de los aparcamientos y resituarlos en planta baja o semisótanos. La rentabilidad del suelo es un freno a este tipo de decisiones, por lo que es la normativa urbanística la que puede regular este cambio. También la limitación del carbono de ciclo de vida de los edificios podría llevar a este cambio de configuración, con la definición de valores límite que afecten al aparcamiento.

6. Poner en valor las Infraestructuras Verdes y las Soluciones basadas en la naturaleza (SbN).
Los espacios exteriores ajardinados reducen el impacto de la pavimentación y de sus remplazos (Fig. 18, 19 y 20). La conexión de estos espacios ajardinados en infraestructuras verdes supone unos co-beneficios para la salud y la resiliencia que van más allá de la descarbonización. No podemos olvidar que la biodiversidad y los suelos sanos son sumideros de carbono, y la lucha contra el cambio climático depende no solo de reducir emisiones, sino también de proteger los sumideros naturales.

6.2. Recomendaciones para proyectistas y practicantes de ACV

Prioridades que deben abordar

A corto plazo:

- Formación en ACV
- Incorporar gradualmente la metodología de ACV desde el anteproyecto.
- Interiorizar un orden de magnitud y referencias de valores de soluciones descarbonizadas.
- Familiarizarse con las estrategias de suficiencia, con mayor capacidad de reducir la huella de carbono.
- Digitalización

A largo plazo:

- Incorporación del enfoque de ciclo de vida y del ACV como herramienta de trabajo integrada en el desarrollo de proyectos, con un alcance completo de la cuna a la cuna.
- Identificar soluciones y productos descarbonizados como una prestación más de las prescripciones.

1. Es necesario integrar el enfoque de ciclo de vida y la metodología de ACV como **herramienta de proyecto desde el inicio** y no únicamente como reporte final.

2. La **digitalización** y el uso de BIM mejorará la gestión de la información y facilitará la implantación de la metodología de ACV.

3. **Priorizar las estrategias de suficiencia.** La huella de carbono depende de la cantidad de materiales incorporados en un edificio. Optimizar espacios y volúmenes, con decisiones relativas a la configuración y forma del edificio, reduce el impacto absoluto y no solo el relativo por unidad de superficie (Fig. 13). Las referencias obtenidas en INDICATE relativas a las tipologías ayudan a la toma de decisiones en esta etapa.

4. Una vez reducida la cantidad de materiales necesarios, **priorizar las soluciones de menor huella de carbono con un enfoque de ciclo de vida.** Priorizar soluciones de bajo impacto, ya sea por su baja energía incorporada de fabricación o por incorporar materiales secundarios (reutilizados, refabricados o reciclados). Para aquellos productos con mayor huella en la etapa de producto, optimizarlos al máximo y propiciar la reducción de su impacto en el resto de las etapas, ya sea por su durabilidad (menos remplazos en B4 o beneficios más allá del sistema en D) o por su capacidad de recirculación en otros edificios (beneficios más allá del sistema en D).

5. **Centrarse en los aspectos que generan mayor impacto.** En cuanto al carbono embebido centrarse en reducir la etapa de producto y en reducir el número de remplazos. Centrarse en la estructura y la envolvente. Evitar en lo posible volúmenes enterrados, por el impacto de las estructuras de contención (Fig. 8, 19 y 20). En cuanto al carbono operativo, analizar su reducción con un enfoque de ciclo de vida, que tenga en cuenta el carbono embebido de las medidas pasivas y activas implementadas.

6. **Priorizar la máxima retención de valor.** Valorar la posibilidad de renovar edificios existentes antes que obra nueva. Analizar de forma comparativa mediante un ACV el impacto de ambas posibilidades. Si no es posible renovar, valorar el aprovechamiento de algunos elementos.

7. **Diseñar para el desmontaje,** para facilitar la retención del valor de los productos el mayor tiempo posible, ya sea en el mismo edificio (durabilidad) o como banco de materiales para otros edificios.

8. **Diseñar para la adaptabilidad,** para evitar la obsolescencia funcional, alargando la vida útil del edificio y favoreciendo su capacidad de renovación futura.

9. **Incorporar Soluciones Basadas en la naturaleza** (SbN) por su menor huella de carbono y sus co-beneficios para la salud y la resiliencia climática, como zonas ajardinadas exteriores en lugar de pavimentadas (alto impacto de sus remplazos).

10. Solicitar DAPs a los fabricantes y **priorizar el uso de productos con DAPs** en las prescripciones del proyecto, para obtener mejores resultados (Ver Anexo Datos) y fomentar la descarbonización de los productos. Tener en cuenta que la comparación de DAPs de productos individuales es insuficiente y que **siempre se deben comparar soluciones constructivas completas,** con prestaciones descritas en unidades funcionales iguales (comportamiento térmico, acústico, mecánico, frente a incendios, etc.) y considerando su montaje, que afecta a su durabilidad y posibilidad de recuperación posterior.

6.3 Recomendaciones para promotores públicos y privados

Prioridades que deben abordar

A corto plazo:

- Formación en ACV de los equipos técnicos.
- Incorporar la medición del carbono de ciclo de vida en los pliegos de prescripciones técnicas de las licitaciones.
- Priorizar la utilización de productos con DAPs.

A largo plazo:

- Descarbonización progresiva de las soluciones constructivas, mediante la identificación y aplicación de los productos y sistemas que más contribuyan a ello.
- Incorporación del pasaporte de materiales que mantengan la identidad de los materiales y contribuya a convertir el edificio en un banco de materiales para el futuro.

1. Hacer de la descarbonización basada en datos una ventaja competitiva y una estrategia de mercado.

2. Incorporar la medición del carbono de ciclo de vida en los **pliegos de prescripciones técnicas de las licitaciones privadas (grandes promotoras) y públicas (Compra Publica Ecológica).** Tener en cuenta la capacidad didáctica que estas licitaciones tienen sobre un gran número de profesionales.

3. Reconsiderar la **configuración y el programa del edificio priorizando la descarbonización.** Dentro de lo posible y a la luz de los impactos de las diferentes tipologías y sótanos, reconsiderar la configuración y volumetría de los edificios. Incorporar la metodología de ACV en los cálculos previos de viabilidad de las promociones. La optimización para la descarbonización, ligada a estrategias de suficiencia, implica la optimización de costes al reducir los recursos materiales y energéticos movilizados sin perder prestaciones. Se trata de evitar el derroche, por lo que puede llegar a suponer un ahorro.

4. **Considerar la introducción de soluciones basadas en la naturaleza (SbN)** en los espacios exteriores de las promociones, valoradas por cuestiones de ocio y salud, pero con un impacto real sobre la descarbonización y otros co-beneficios que pueden suponer un valor añadido. Por ejemplo, los espacios ajardinados no pavimentados disminuyen la isla de calor urbana, regulan escorrentías, reducen la contaminación, mejoran la biodiversidad etc.

5. Utilizar la medición el carbono de ciclo de vida en los reportes de **información corporativa sostenible (CSRD)** y analizar las posibilidades de financiación sostenible ligada a taxonomía.

6.4. Recomendaciones para la industria

Para los fabricantes

1. Generar DAPs de sus productos según la versión EN 15804-A2, puesto que supone una ventaja competitiva al proporcionar información clave a los prescriptores y diseñadores.

2. Impulsar la descarbonización de sus productos con la ayuda de las DAPs. Aquellos fabricantes de productos de construcción innovadores que añaden una contabilidad baja en carbono a sus prestaciones se verán favorecidos por las demandas del mercado:

   - Hormigones y aceros con menor huella de carbono que los tradicionales.
   - Productos locales de baja energía de transformación y de base mineral como tierra compactada, cal, arcilla, etc. (geomateriales).
   - Productos locales de bajo impacto de base biológica como madera, fibras vegetales, micelio, bambú, corcho, lana de oveja, linóleo natural, etc., que capturan carbono temporalmente (biomateriales)
   - Sistemas constructivos eficientes en el uso de los recursos, que reduzcan la huella de carbono: prefabricados, industriales, modulares, paramétricos, etc.
   - Productos y soluciones constructivas más duraderas, que requieren menos remplazos o que prolonguen la vida del edificio más allá de los 50 años de estudio.
   - Soluciones y productos que apoyen el modelo circular de edificio como banco de materiales.
   - Soluciones y productos de construcción que apoyan la circularidad intersectorial, por ejemplo, subproductos procedentes del sector textil o de la agricultura y la ganadería.

Para las constructoras y contratistas

1. Industrialización. Adopción de sistemas constructivos más eficientes en el uso de los recursos, que reduzcan la huella de carbono: prefabricados, industriales, modulares, paramétricos, etc.
2. Adopción de los principios de la economía circular para la retención del máximo valor de los recursos empleados.
3. Digitalización, para un mejor control de la información en apoyo de la economía circular

Para propietarios de Software de cálculo de ACV

1. Seguimiento y adopción de la publicación de la metodología oficial y de la publicación del listado de datos ambientales genéricos por defecto, para acceder a los datos vía API.
2. Facilitar la incorporación de DAPs de la nueva versión EN 15804-A2.

Para los esquemas de certificación

1. Valorar la introducción de la metodología de ACV desde la fase de anteproyecto.
2. Los valores de referencia obtenidos en INDICATE y sus desarrollos posteriores, pueden servir como referencias de puntuación.

6.5 Recomendaciones para instituciones financieras

1. Implantación de modelos financieros que moneticen la descarbonización, como los ahorros energéticos.
2. Considerar la inversión sostenible según la Taxonomía europea.
3. Explorar el desarrollo de los mercados de carbono en lo que pueda afectar a los edificios.

6.6 Recomendaciones para responsables de los planes de formación

1. Incluir en enfoque de ciclo de vida en los planes de formación universitario y de formación profesional.

6.7 Recomendaciones para responsables políticos en Europa

1. **Marco común.** Aunque cada país pueda establecer condiciones diferentes en cuanto a velocidades u objetivos parciales, el objetivo final de neutralidad climática en 2050 para toda Europa requiere que la comparabilidad a nivel europeo deba garantizarse como mínimo mediante:
   - Método armonizado europeo (a partir del Acto delegado que se publicará antes de 2026)
   - Level(s) como marco metodológico, por ejemplo, en la definición de superficie.
   - Definición de la granularidad de la información, que permita comparar aspectos similares.
2. **Particularidades regionales.** A partir de 2030 se empezará a limitar el carbono de ciclo de vida de los edificios teniendo en cuenta las zonas climáticas, según determina la DEEE. Sin embargo, se deben considerar otros aspectos además de los climáticos.
   - La aceleración sísmica del emplazamiento tiene una influencia importante (Ver Anexo datos).
   - Las tradiciones constructivas de cada zona, derivadas de las estrategias climáticas.
   - La disponibilidad local de materiales.

   Los resultados obtenidos por INDICATE-ES no son extrapolables a otras regiones del norte de Europa, que basan sus estrategias de confort en el aislamiento térmico. Los países del sur de Europa, en que buena parte del año la temperatura está en zona de confort, utilizan materiales más pesados, con mayor inercia térmica, para protegerse del calor en verano. La inercia amortigua y retrasa la onda térmica hacia el interior del edificio, y se combina con la ventilación durante las horas más frescas para alcanzar el confort térmico. Aunque el aislamiento de la envolvente tiene poco impacto en la huella de carbono, el impacto de la inercia de las soluciones habituales es muy alto. Aunque existen soluciones con inercia térmica de bajo impacto, es necesaria una aplicación progresiva de limites que permita una adaptación realista de la industria.
3. **Necesidad de un estudio comparativo previo, en base a los datos recopilados.** Para ayudar a caracterizar los sistemas por regiones y aplicar limitaciones diferentes será necesaria la colaboración entre los Estados Miembros, con iniciativas de investigación como las ya están en marcha, como INDICATE-data [6], CO2mpare [49] o los informes de Ramboll [38] y mediante la recopilación sistematizada de datos de ACV a nivel de edificio.
4. **Riesgos diferentes.** Los diferentes Estados Miembros tienen diferentes urgencias ambientales y sociales. En el caso de España, y otros países del sur de Europa, la inclusión de indicadores relativos al consumo del agua y a su posible contaminación son de gran interés. Debe corresponder a cada Estado analizarlas y establecer los indicadores y la velocidad con que se incluirán en sus hojas de ruta.
5. **Profundizar en el desarrollo de la metodología de ACV.** Algunos aspectos de Level(s) necesitan una revisión y puntualización.

- Dado su impacto, es de especial importancia el carbono embebido debido a las reposiciones (B4) que se han considerado excesivas por parte de los colaboradores de INDICATE-ES, o las hipótesis de final de vida, muy diferentes según los Estados.
- Es necesario definir claramente las reglas de renovación, por ejemplo en aspectos como la penalización en los remplazos cuando aún no se ha cumplido la vida útil de los productos.

6. **La inclusión de límites futuros** debería tener en cuenta el módulo D para favorecer las estrategias de circularidad, durabilidad o sistemas de generación energética. Por ejemplo, puede producirse un aumento de emisiones en la etapa de producto debidas a la inclusión de instalaciones fotovoltaicas con vertido a red, que se valora en D. A su vez, se recomienda introducir una segunda limitación referida a la etapa de producto y construcción, para tener en cuenta del valor temporal del carbono. También sería posible añadir una única limitación en D, pero aplicando un enfoque dinámico para dar más peso a los impactos producidos en A, que permitan tener en cuenta el valor temporal del carbono.
   En todo caso, la aplicación de limites a nivel europeo debe ser progresiva y su velocidad de aplicación adaptada a la realidad constructiva de la industria de cada Estado Miembro, independientemente de su confluencia final.

7. Pasos siguientes

7.1 Desarrollo de capacidades y necesidad de concienciación

El sector entero debe integrar el enfoque de ciclo de vida en su filosofía de trabajo. La capacitación es primordial, pero es necesario concienciar y sembrar interés para generar demanda de formación. Esta labor debería recaer transversalmente en diferentes actores: Universidades, Formación profesional, Colegios profesionales, Institutos de construcción, ONGs, e incluso promotores públicos (CPE) y privados a través de los pliegos de sus licitaciones. En todo caso, la iniciativa del MIVAU de centralizar la información relacionada en la web de ARCE 2050 será de gran ayuda para despertar el interés del sector.

Los colaboradores de INDICATE-ES lideran algunas iniciativas relacionadas (ver Anexo iniciativas), muchas de ellas destinadas a crear conciencia y comunicar un orden de magnitud:

- Generación de datos estadísticos asociados a las licencias de obras.
- Difusión de proyectos de investigación mediante congresos y conferencias.
- Jornadas y grupos de trabajo en colegios profesionales.
- Premios de construcción sostenible.
- Desarrollo de herramientas de proyecto que fomentan en enfoque de ciclo de vida.
- A través de los pliegos de prescripciones técnicas en pliegos en licitacioens públicas (CPE) o privadas en grandes promotoras.

Invitamos a otras administraciones y grupos de interés a hacer suyas estas iniciativas de los colaboradores de INDICATE-España, y al conjunto de proyectos INDICATE internacionales a recopilar y difundir iniciativas de interés que puedan servir de ejemplo.

7.2. Refinamiento del método

INDICATE es una metodología abierta que recalcula los resultados automáticamente por futuros ajustes. Como pasos posteriores para el refinamiento del método existe margen de mejora:

Metodología de base:

- Adaptación a las revisiones del CTE (nuevo DB-SA), de la norma EN-15978 y Level(s).

Optimización de herramientas y procesos:

- B4: Remplazos. Son necesarios estudios de detalle que analicen los remplazos de una manera más realista.
- Mejorar de los datos genéricos aplicados a A5, B2, B3, B5 y C1, basados en los estudios de Kellenberger

y actualizarla a valores de España con el apoyo de algunos de los colaboradores que ya se han ofrecido a aportar datos para estudios posteriores.

- Mejora de las hipótesis de reciclaje (C2) y vertido (C3).
- Inclusión de edificios con diferentes geometrías para cada tipología. Las 18 variaciones de las 7 tipologías, hasta alcanzar los 126 casos sintéticos, se basan en un único modelo geométrico por cada tipología. Es necesario simular otras geometrías para poder tener en cuenta aspectos como la compacidad y que se difuminen las particularidades del diseño de los proyectos analizados aquí, basados en edificios reales proporcionados por los colaboradores y cuyas características básicas pueden consultarse en el anexo y el repositorio web.
- Incorporar el módulo D en cuanto haya más datos disponible**.**

Ampliación de los datos subyacentes

- Mayor número de DAPs.
- Incluir DAPS de algunas familias de productos, como madera aserrada, membranas impermeabilizantes y otros.
- Actualizar aquellas DAPs que aún están con la versión anterior de la norma UNE-EN15.804-A1 a la nueva versión A2.
- Mejorar los datos de instalaciones.

7.3 Preparación de los valores límite progresivos de la hoja de ruta

Los valores obtenidos por los casos sintéticos de INDICATE dan lugar a un marco teórico de referencia, sobre el que será posible superponer datos reales, que convergerán cuando exista un método armonizado oficial aplicado en ambos casos.

Los valores que definen el tercer cuartil pueden ser una referencia útil para una hoja de ruta progresiva (Fig. 22), donde el 25% de las soluciones de mayor impacto quedarían fuera de lo admisible. A medida que la edificación va reduciendo su impacto, el valor límite irá disminuyendo, por lo que siempre puede ser un objetivo progresivo. Un porcentaje mayor o menor permitiría acelerar o desacelerar el ritmo de la descarbonización.

- Se ha de tener en cuenta que los valores del gráfico de cajas y bigotes de INDICATE-ES no son valores estadísticos, sino que reflejan posibles rangos. Al limitar cuartiles se limitan tipos de soluciones, no una muestra estadística. Sería necesario un análisis estadístico y aumentar le numero de casos reales realizados con una metodología armonizada, para identificar a qué porcentaje de edificios españoles afectarían las limitaciones basadas en cuartiles. Otros países, como Dinamarca, han utilizado también los cuartiles para definir su hoja de ruta. Sin embargo, en su caso, se trata de datos basados en casos reales.
- Recomendamos analizar la conveniencia de utilizar valores límite diferentes dependiendo del emplazamiento, según los requerimientos mecánicos (zona sísmica, resistencia del suelo, etc.) y

térmicos. Por ejemplo, aplicando coeficientes a unos valores límite de base comunes para todo el territorio.

- Recomendamos que la ratio utilizada en los valores límite considere no solo la superficie construida o útil del edificio, sino también la superficie calefactada, que equivale a las de las viviendas, y que ofrece una imagen más certera y justa al repercutir en las viviendas el impacto de las zonas comunes.
- Como se ha mencionado en las recomendaciones a los responsables políticos europeos, recomendamos una doble limitación, que incluya por un lado el módulo D para impulsar la circularidad y por otro lado solo la etapa A para recortar el pico inicial de carbono que nos permita retrasar un punto de inflexión climático de no retorno. También sería posible aplicar un único limite en D con un enfoque dinámico, que dé más peso a los impactos producidos en A.

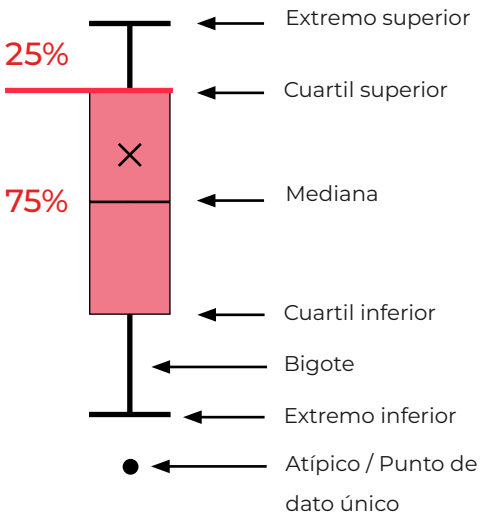


Figura 22 - Ejemplo de limitación de emisiones basado en el cuartil superior de la muestra.

En todo caso, aunque INDICATE puede dar una primera idea del comportamiento de los edificios y de cuál podría ser el marco para la reducción, el proceso deseable sería:

1. Aprobación de una metodología oficial de medición del carbono de ciclo de vida (periodo de consulta previo) y de un listado de valores genéricos por defecto.
2. Recálculo de resultados de INDICATE en función de la metodología oficial y afinación progresiva de resultados, incluyendo las soluciones que definen máximos, mínimos y modales.
3. Recopilación de datos reales, realizados con la metodología oficial armonizada.
4. Convergencia de resultados de casos reales y sintéticos y obtención de un marco de datos, confirmado por datos estadísticos.
5. Establecimiento de la hoja de ruta, basada en el tercer cuartil estadístico y armonizado.
6. Progresivamente la gráfica de cajas y bigotes se desliza hacia los valores más bajos, por lo que la limitación del tercer cuartil (25% de los edificios) es cada vez más exigente y requerirá revisión de limites cada cierto tiempo.

Para la definición de los valores límite y la hoja de ruta se recomienda seguir un proceso de co-creación como el seguido por INDICATE-ES, que involucre a todos los grupos de interés, que facilitará la aceptación de las decisiones. El grupo de trabajo consolidado en INDICATE puede ser un punto de partida, que debería ampliarse a fabricantes de productos de construcción, promotores, financieras y docentes.

7.4 INDICATE como herramienta de ensayo de políticas de descarbonización

INDICATE-ES no es solo un conjunto de valores de referencia, sino un marco de cálculo flexible y una posible herramienta para los responsables políticos ya que puede servir como un medio para ensayar políticas de descarbonización. El marco de cálculo es un sistema automatizado de archivos, utilizado en el desarrollo de datos sintéticos y puede modelar nuevos escenarios resultantes del apoyo a diferentes políticas y estrategias de descarbonización, ayudando a decidir qué políticas son las más costo-efectivas. Por ejemplo: aceleración de la descarbonización del mix energético, aumento de renovables, vertido de energía a red, implementación de redes de distrito (DHC), apoyo a un modelo de economía circular, apoyo a la descarbonización de diferentes materiales, etc.

El desarrollo actual de INDICATE-ES es un primer paso en un proceso iterativo de mejora continua, con camino por recorrer, no solo para afinar los resultados y permitir el modelado de todas las políticas de descarbonización y reducción de la huella ambiental posibles, sino también para incluir la renovación y otros tipos de edificios. Actualmente es una instantánea de una situación actual, pero podría ser un conjunto de instantáneas de escenarios paralelos. También es un sistema que se puede replicar en otras regiones.

7.5 Marco propicio y políticas de apoyo

La voluntad política del gobierno de España de aplicar de forma temprana la DEEE supone un marco propicio para la utilidad de los resultados de INDICATE-ES. La participación del IETcc-CSIC como colaboradores de INDICATE y del MIVAU como observadores, así como el apoyo de la Universidad de Sevilla al desarrollo de los valores genéricos por defecto, facilita la utilidad del método como punto de partida.

El enfoque de co-creación favorece la aceptación de los resultados de INDICATE-ES y la difusión posterior por los propios colaboradores. La transparencia del proceso propicia posibles desarrollos futuros por parte de terceros, construyendo desde el trabajo realizado y sumando esfuerzos.

7.6 Límites en el uso de los resultados de INDICATE España

Los resultados obtenidos a través de INDICATE deben considerarse como una aproximación preliminar a un rango de valores de referencia de base dentro de un proyecto de investigación que ha creado un marco de referencia inicial de gran utilidad y ha consolidado un grupo de reflexión en torno a la metodología.

Cualquier uso de los datos/la metodología fuera del contexto del proyecto debería analizarse en función del objetivo específico. El uso de ratios para aplicaciones normativas o en licitaciones públicas requeriría un mayor refinamiento, clarificación y ajuste de ciertos aspectos. Esto es especialmente importante no sólo para garantizar una aplicación adecuada, la aceptación y la confianza del sector, sino también para evitar posibles incoherencias con los reglamentos o normas aplicables.

8. Mensajes clave

1. Necesidad de contar con datos a escala de producto y de edificio: datos específicos (DAPs) para obtener mejores resultados y para impulsar la descarbonización de los productos; datos genéricos para las etapas iniciales de proyecto y para completar vacíos de información y datos de ACV a nivel de edificio, basados en un método oficial armonizado, que nos ofrezcan un marco estadístico para establecer una hoja de ruta con limites progresivos.

2. Necesidad de una metodología armonizada oficial de ACV. Una metodología de la cuna a la cuna, que permita poner en valor las fortalezas de todos los productos y estrategias del proyecto. Una metodología con una visión holística, que abarca todas las etapas y todos los impactos, pero que requiere empezar paulatinamente a partir de algunas certezas.

3. Necesidad de reportar indicadores absolutos (por ocupante) y no únicamente relativos (por m2) para reflejar correctamente la descarbonización del parque edificado, ante la tendencia a construir viviendas con cada vez más superficie por ocupante.

4. La influencia de las zonas sísmicas en la aplicación de límites al carbono de ciclo de vida.

5. Reducción del impacto de las zonas exteriores mediante zonas ajardinadas, teniendo en cuenta otros co-beneficios (salud y resiliencia).

6. La importancia de incorporar el ACV como herramienta en las etapas iniciales del proyecto para la toma de decisiones de gran impacto, como la tipología, volumetría o la incorporación de aparcamientos enterrados, aspectos que afectan al porcentaje de zonas comunes, superficie de envolvente o estructuras de contención.

7. Importancia de centrarse en aquellos elementos y módulos del ciclo de vida que generan un mayor carbono embebido, es decir, la etapa de producto y las estructura.

8. Tener en cuenta el valor temporal del carbono, debido a la emergencia climática y priorizar la reducción del pico inicial de carbono con la selección de productos de bajo impacto. Es necesario apoyar la innovación en productos y sistemas descarbonizados y fomentar la renovación para amortizar la inversión de carbono ya realizada en el parque existente.

9. Importancia de la economía circular, que posibilita la máxima retención de valor de los recursos, ya sea durante la vida del edificio (durabilidad) o más allá de ella (edificio como banco de materiales)

10. Urgencia por sensibilizar y capacitar al sector en el enfoque de ciclo de vida y del ACV.
11. Es necesaria la colaboración de toda la cadena de valor en la descarbonización de la edificación.
12. La descarbonización es una oportunidad para desatar la innovación y mejorar la competitividad del sector, con múltiples co-beneficios para el desarrollo
13. La descarbonización alcanza a todas las escalas, desde el producto y el edificio hasta las escalas urbana y territorial.
14. El liderazgo de las administraciones públicas, a través de la Compra Pública Ecológica, desempeña un papel fundamental por su valor ejemplarizante que puede ayudar al desarrollo de mercado.
15. La descarbonización es la única vía para dar respuesta a la necesidad de vivienda asequible dentro de los límites del planeta.

9. Referencias

[1] Directiva (UE) 2024/1275 de Eficiencia Energética de los Edificios (DEEE); Environmental performance of buildings Directive (EPBD). Aprobación 24/04/2024
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202401275

[2] Global Alliance for Buildings and Construction. Global status report for buildings and construction
https://www.unep.org/resources/report/global-status-report-buildings-and-construction

[3] Valor temporal del carbono
https://carbonleadershipforum.org/es/download/35419/?tmstv=1696538222

[4] EN. (2011). EN 15978:2011 - Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method. International Standard, November.

[5] EN. (2012). EN 15804:2012 + A2:2019 - Sustainability of construction works — Environmental product declarations — Core rules for the product category of construction products. International Standard, February, 70.

[6] INDICATE DATA
https://www.indicatedata.com/

[7] Level(s). European framework. Indicator 1.2.
https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/product-groups/412/documents

[8] Directiva de Eficiencia Energética (EU/2023/1791). Aprobación 13/09/2023
https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2023-81299

[9] Reglamento de productos de Construcción (UE) 2024/3110. Aprobación 27/11/2024. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/construction/construction-products-regulation-cpr/review_en

[10] Reglamento (UE) 2024/1781 de Diseño ecológico. Aprobación 13/06/2024
https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2024-80992

[11] Directiva (UE) 2023/959 régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero. (10/05/2023)
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex%3A32023L0959

[12] Emissions Trading System
https://eur-lex.europa.eu/ES/legal-content/summary/eu-emissions-trading-system.html

[13] Acuerdo provisional sobre el Reglamento relativo a la absorción y el almacenamiento de carbono (CRCF) (10/04/2024)
https://climate.ec.europa.eu/eu-action/carbon-removals-and-carbon-farming_en

[14] Reglamento (UE) 2020/852 de la Taxonomía de las finanzas sostenibles. Aprobación 18/06/2020
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex:32020R0852

[15] Directiva (UE) 2022/2464 de información corporativa sostenible (CSRD). Aprobación 14/12/2022
https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2022-81871

[16] Reglamento (UE) 2019/2088 de Divulgación de Finanzas Sostenibles (SFRD). Aprobación 27/11/2019
https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2019-81907

[17] Directiva 2014/24/EU Contratación Pública Ecológica (CPE). Aprobación 26/02/2014
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32014L0024

[18] El anuncio de la aplicación temprana de la DEEE (EPBD, en inglés) y su inclusión en el CTE se realizó en febrero de 2024 durante la jornada para la "Inclusión del Potencial de Calentamiento Global y otros indicadores en el CTE" organizada por el MIVAU con el apoyo de GBCE, a la que asistieron los grupos de interés del sector, incluidos los colaboradores en la validación de INDICATE-ES. El resumen de esta jornada se publicará en la web de próxima creación que el MIVAU planea crear para centralizar la información de interés relacionada. https://www.mivau.gob.es/arquitectura-edificacion
https://gbce.es/el-gobierno-de-espana-se-compromete-a-incluir-un-documento-dedicado-a-la-sostenibilidad-en-la-revision-del-codigo-tecnico-de-la-edificacion-de-2026/

[19] Sanjuán, M. E., Barrio, G. D., Ruiz Moreno, A., Rojo, L., Puig de fábregas, J., & Martínez, A. (2014). Evaluación y seguimiento de la desertificación en España: Mapa de la Condición de la Tierra 2000-2010. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (España). http://doi.org/10.20350/DIGITALCSIC/10575

[20] Implantación del Plan Nacional de Energía y Clima (PNIEC)
https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.html

[21] Plan Nacional de Renovación de Edificios
https://gbce.es/el-mitma-publica-la-hoja-de-ruta-para-seguir-avanzando-en-la-implementacion-de-la-eresee-y-lograr-un-sector-descarbonizado-para-2050/

[22] Ficha de datos estadísticos (Ley 4/1990)
https://www.boe.es/eli/es/l/1990/06/29/4

[23] Pobreza energética. Datos de Eurostat. Enero 2020
https://www2.cruzroja.es/web/ahora/-/pobreza-energetica

[24] El porcentaje de vivienda social en España. "Boletín especial de Vivienda Social 2020 del Observatorio de vivienda y suelo de España". Ministerio e Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. 2020.
https://publicaciones.transportes.gob.es/observatorio-de-vivienda-y-suelo--boletin-especial-vivienda-social-2020

[25] Plan España https://planderecuperacion.gob.es/noticias/construccion-viviendas-alquiler-social-eleva-24964-superando-compromiso-Union-Europea-plan-recuperacion-prtr

[26] Encuesta continua hogares
https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion
htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176952&menu=resultados&idp=1254735572981

[27] Informe anual del Banco de España. (2023). https://www.bde.es/wbe/es/publicaciones/informes-memorias-anuales/informe-anual/informe-anual-2023.html

[28] Instituto Nacional de Estadísticas (España) (2022). Censos de Población y Viviendas 2021. Results on Households and Dwellings.
https://www.ine.es/prensa/censo_2021_jun.pdf
https://www.ine.es/censos2021/index.html
https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?tpx=59531&L=0
https://www.ine.es/censos2021/presentacion/visor_mapas.htm

[29] Pérdida de población rural. https://www.age-geografia.es/site/wp-content/uploads/2017/10/La-despoblaci%C3%B3n-rural-en-Espa%C3%B1a-CEDDAR.pdf

[30] El 15,9% de la población española está censada en municipios rurales que ocupan el 84% de España Demografía de la población rural en 2020. Agrinfo n° 31. octubre 2021. Publicación de s.g. análisis, coordinación y estadística | subsecretaría. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/ayp_demografiaenlapoblacionrural2020_tcm30-583987.pdf

[31] Geografía del descontento de los lugares que no importan. Red Española de Desarrollo Rural. https://www.redr.es/es/noticias/la-geografia-del-descontento-de-los-lugares-que-no-importan/

[32] Programa DAPconstrucción®.
https://www.dapcons.com/login

[33] GlobalEPD
https://www.aenor.com/certificacion/certificacion-de-producto/declaraciones-ambientales-de-producto/declaraciones-globalepd-en-vigor

[34] B. Soust-Verdaguer, E. Palumbo, C. Llatas, Á. Velasco Acevedo, M.D. Fernández Galvéz, E. Hoxha, A. Passer, “The Use of Environmental Product Declarations of Construction Products as a Data Source to Conduct a Building Life-Cycle Assessment in Spain”, Sustainability. 15 (2023) 1284. https://doi.org/10.3390/su15021284

[35] OpenDAP
https://node.opendap.es/processList.xhtml?stock=defaultç

[36] Certificación de eficiencia energética
https://www.miteco.gob.es/es/energia/eficiencia/certificacion-energetica/real-decreto-390-2021.html
https://www.miteco.gob.es/es/energia/eficiencia/certificacion-energetica/organismos.html

[37] Geoportal. Edificios eficientes
https://edificioseficientes.gob.es/es/

[38] Ramboll (2022). Towards EU embodied carbon benchmarks for buildings in Europe.
https://c.ramboll.com/lets-reduce-embodied-carbon

[39] Gervasio, H., Dimova, S., & Pinto, A. (2018). Benchmarking the life-cycle environmental performance of buildings. Sustainability, 10(5), 1454

[40] Röck, M., Sørensen, A., Tozan, B., Steinmann, J., Horup, L. H., Le Den, X., & Birgisdottir, H. (2022). Towards embodied carbon benchmarks for buildings in Europe:# 2 Setting the baseline: a bottom-up approach.

[41] Dodd, N., Cordella, M., Traverso, M., & Donatello, S. (2017). Level(s)-A common EU framework of core sustainability indicators for office and residential buildings Part 3: How to make performance assessments using Level(s) (Draft Beta v1.0). In Report EUR 28898 EN. https://doi.org/10.2760/95143

[42] Den, X. Le, Steinmann, J., Kovacs, A., Kockat, J., Toth, Z., Röck, M., & Allacker, K. (2023). Supporting the development of a roadmap for the reduction of whole life carbon of buildings. https://c.ramboll.com/whole-life-carbon-reduction

[43] Wernet G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., & Weidema, B. (2016). ecoinvent Version 3. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. The International Journal of Life Cycle Assessment, 1218–1230. https://doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8

[44] Kellenberger, D., Althaus, H.-J., Künniger, T., Lehmann, M., Jungbluth, N., & Thalmann, P. (2007). Life Cycle Inventories of Building Products. Final report ecoinvent Data v2.0 No.7. In Database.

[45] CIBSE TM65. TM65 Embodied carbon in building services: A calculation methodology (2021).

[46] EN. (2023) EN 16757:2023. Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Product Category Rules for concrete and concrete elements.

[47] CTE. (2006). Código Técnico de la Edificación. En Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo: Vol. BOE 74 (pp. 11816 11831). https://doi.org/CTE-DB-SE

[48] Instituto Nacional de Estadísticas (España). (2022). Industria, energía y construcción. https://www.ine.es/

[49] CO2mpare.
https://www.ramboll.com/co2mpare

Green Building Council España

Moreto 15, 6° izda. 28014. Madrid
+34 914 119 855
info@gbce.es ; comunicacion@gbce.es
www.gbce.es

GBCE (Green Building Council España, o Consejo para la Edificación Sostenible en España) es la principal organización de edificación sostenible en nuestro país. Constituidos en 2008, somos el referente en la transformación hacia un modelo sostenible del sector de la edificación.

Pertenecemos a una red global amplia, creciente y diversa, con presencia en más de 75 países y 46.000 miembros que representan a toda la cadena de valor: World Green Building Council, WorldGBC.

Junto a nuestros asociados formamos, certificamos y facilitamos conexiones para acelerar la transformación hacia la sostenibilidad de nuestro hábitat.

Universidad de Sevilla
Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción
Escuela Técnica Superior de Arquitectura

41012 Sevilla
+34 954 551 630
iuccsecret@us.es
www.us.es

La Universidad de Sevilla (US), fundada en 1505, es una institución con una larga trayectoria en la enseñanza, la investigación y la innovación, siendo un referente académico en España. Con un compromiso con el desarrollo sostenible, la US impulsa proyectos y colaboraciones que fomentan el conocimiento y aportan soluciones a los retos sociales y ambientales actuales.